



DIPLOMARBEIT

Frau Ingenieur
Christina Talaber

**Neubau
Knüppelaufgaberost -
Entwirrer**

Eisenerz, 2012

Fakultät Maschinenbau

DIPLOMARBEIT

Neubau Knüppelaufgaberost - Entwirrer

Autor:

Frau Ing. Christina Talaber

Studiengang:

Maschinenbau

Seminargruppe:

KM08w2MGA

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn

Zweitprüfer:

DI(FH) Wolfgang Ricko

Einreichung:

Eisenerz, 15.10.2012

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2012

Faculty Mechanical Engineering

DILPOMA THESIS

New Konstruktion of the Billet Charging Equipment

author:

Ms. Ingenieur Christina Talaber

course of studies:

Mechanical Engineering

seminar group:

KM08w2MGA

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn

second examiner:

DI(FH) Wolfgang Ricko

submission:

Eisenerz, 15.10.2012

defence/ evaluation:

Mittweida, 2012

Bibliografische Beschreibung:

Talaber, Christina:

Neubau Knüppelaufgaberost - Entwirrer. - 2012. - XII, 113 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Diplomarbeit, 2012

Referat:

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Neubau des Knüppelaufgaberostes – Entwirrer. Die Hauptprobleme bestehen einerseits in der geringen Durchsatz- und Aufgabemenge sowie andererseits in der extremen Lärmentwicklung. Beim Beschicken der Anlage, das erfolgt immer zweilagig, entsteht durch das Aufprallen der Knüppel auf den Rost ein sehr hoher Lärmpegel. Um diesen möglichst gering zu halten, wird die Entwirrung der Knüppel nach der Aufgabe geändert. Es wurde eine Möglichkeit gefunden, die Entwirrung der Knüppel mit einem sogenannten Abstreifer möglichst lärmarm zu gewährleisten. Hierbei wird durch einen hydraulisch bewegten Abstreifer die obere Lage von der unteren Lage getrennt.

Danksagung

Zu allererst möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, im Besonderen meinen Eltern, meiner Schwester und meinem Lebensgefährten, die mich beim Erstellen dieser Diplomarbeit stets unterstützt haben.

Des Weiteren gilt mein besonderer Dank an:

Den Erstbetreuer Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn von der Hochschule Mittweida

Meinem Betreuer DI(FH) Wolfgang Ricko aus der Abteilung Technischer Neubau der Firma voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG.

Der Firma voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG die es mir ermöglicht hat diese Arbeit zu erstellen.

Inhalt

Inhalt	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XII
1 Einleitung	1
2 Standort voestalpine Donawitz	3
2.1 Geschichtliches [1]	4
2.2 Produktionsablauf	8
2.3 voestalpine Stahl Donawitz GmbH & CoKG – Bereich Hochofenbetrieb	9
2.4 voestalpine Stahl Donawitz GmbH & CoKG – Bereich Stahlwerksbetrieb	10
2.5 voestalpine Austria Draht GmbH	14
2.6 voestalpine Schienen GmbH	16
2.7 voestalpine Tubulars GmbH	17
3 Aufgabenstellung	19
3.1 Ist-Situation	19
4 Lösungsvarianten (Soll-Beschreibung)	23
4.1 Variante 1 – Magnetkran	23
4.2 Variante 2 – Knüppelaufgaberost (Abstreifer)	24
5 Kapazitäten Ist-Soll-Vergleich	25
5.1 Ist-Soll-Vergleich der gesamten Anlage	25
5.2 Erstbefüllung	26
5.3 Laufender Betrieb	26
6 Übersicht Knüppelaufgaberost / Entwirrer	29
7 Baugruppenbeschreibung	33

7.1	<i>Baugruppe 1 – fester Aufgaberost.....</i>	33
7.2	<i>Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen.....</i>	34
7.2.1	Position 1 – Fahrbahn.....	34
7.2.2	Position 2 – Hubwagen.....	35
7.3	<i>Baugruppe 3 – Abstreiferwagen.....</i>	40
7.3.1	Position 1 – Fahrbahn.....	40
7.3.2	Position 2 – Wagen.....	41
7.4	<i>Baugruppe 4 – Abstreifer.....</i>	44
7.5	<i>Baugruppe 5 – fixe Hubeinheit.....</i>	48
7.6	<i>Baugruppe 6 – Schiene.....</i>	52
7.7	<i>Baugruppe 7, 8 & 9 – Klinkenwagen 1, 2 & 3.....</i>	55
7.7.1	Position 1 – Fahrbahn.....	55
7.7.2	Position 2 – Klinkenwagen.....	58
7.8	<i>Baugruppe 10 – Klinkenwagen 4.....</i>	61
7.8.1	Position 1 – Fahrbahn.....	61
7.8.2	Position 2 – Klinkenwagen.....	63
7.9	<i>Baugruppe 11 – Übergabeeinheit.....</i>	66
7.9.1	Position 1 – Fahrbahn.....	66
7.9.2	Position 2 – Übergabewagen.....	69
8	Detail der Bereiche 1 – 5.....	73
8.1	<i>Bereich 1 – Aufgabe.....</i>	74
8.2	<i>Bereich 2 – Weitergabe.....</i>	75
8.3	<i>Bereich 3 – Abstreifen.....</i>	78
8.4	<i>Bereich 4 – Quertransport.....</i>	82
8.5	<i>Bereich 5 – Übergabe Rollgang.....</i>	86
9	Berechnung der Antriebe.....	89
9.1	<i>Definition Arbeitszyklus bzw. Durchlaufzeit.....</i>	89
9.1.1	Berechnung "kritische Manipulationszeit".....	89
9.1.1.1	Angaben.....	89
9.1.1.2	max. Manipulationszeit je Knüppel:.....	89
9.1.2	Definition Arbeitszyklus-Übergabeeinheit (Baugruppe 11).....	90
9.1.2.1	Annahme der einzelnen Zeitdauern.....	90
9.1.2.2	Berechnung der notwendigen Fördergeschwindigkeit des Übergabewagens aufgrund der errechneten Manipulationszeit.....	91
9.2	<i>Bestimmung der Eigengewichtsbelastung.....</i>	92
9.2.1	Eigengewicht Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen.....	93

9.3	<i>Aufstellung der Bewegungsgleichung und Ermittlung der notwendigen Kettenzugkraft</i>	94
9.3.1	Freischnitt gesamt.....	94
9.3.1.1	Aufstellung der Gleichgewichtsbedingungen	94
9.3.2	Auswahl einer geeigneten Kette / Kettenrad für die geforderte Anwendung ..	97
9.3.2.1	Statische Kettenzugkraft an der Baugruppe 2 –verfahrbaren Wagen	97
9.3.2.2	Tatsächliche statische Zugkraft der Kette an dem Kettenrad.....	97
9.3.2.3	Resultierende Betriebskraft in der Kette	97
9.3.2.4	Tatsächlich notwendige Betriebskraft in der Kette unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades	99
9.3.2.5	Auswahl einer Kette aus einem Katalog	99
9.3.2.6	Antriebsleistung an Kettenrad.....	100
9.3.2.7	Sicherheit der Kette gegen Bruch (durch reine Zugbeanspruchung)	100
9.3.2.8	Tatsächliche Werte gerechnet mit der gewählten Kette	100
9.3.2.9	Auswahl eines Kettenrades aus einem Katalog.....	101
9.3.2.10	Kraftsituation an Kettenrad	102
9.4	<i>Berechnung der erforderlichen Antriebsleistung (E-Motor)</i>	102
9.4.1	Geforderte Antriebsleistung am Kettenrad.....	102
9.4.1.1	geforderte Antriebsleistung am Kettenrad = Abtriebsleistung Getriebe.....	102
9.4.1.2	Allgemein	103
9.4.1.3	Winkelgeschwindigkeit Kettenrad	103
9.4.1.4	Drehzahl am Kettenrad	103
9.4.1.5	Erforderliche Leistung am Kettenrad	103
9.4.1.6	Erforderliche Leistung am Kettenrad mit angepasstem Kettengewicht	103
9.4.2	Leistung am Getriebe	103
9.4.3	Antriebsleistung des E-Motors.....	104
9.4.4	Auswahl eines E-Motors.....	104
9.4.4.1	Erforderliche Antriebsleistung.....	104
9.4.4.2	erforderliche Abtriebsdrehzahl des Motors	104
9.4.4.3	erforderliches Abtriebsmoment des Motors	105
9.5	<i>Auswahl der Stirnradgetriebemotoren</i>	106
10	Fazit	107
	Literatur	109
	Selbstständigkeitserklärung	111

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Blick auf das Werksgelände [2]	3
Abbildung 2: Hütte Donawitz, Gesamtansicht im Jahre 1948 [1]	5
Abbildung 3: LD-Stahlwerk, Blick auf Konverter während des Blasevorganges [1].....	6
Abbildung 4: Hütte Donawitz, Hochofenanlage [1]	6
Abbildung 5: Übersicht Stahl Donawitz	8
Abbildung 6: Übersicht Produktionsfluss Hochofen	9
Abbildung 7: Hochofen 1 und Hochofen 4 [4]	9
Abbildung 8: Übersicht Produktionsfluss Stahlwerk.....	10
Abbildung 9: LD-Verfahren [5].....	10
Abbildung 10: Sekundärmetallurgie [6].....	11
Abbildung 11: Stranggussanlage [7].....	12
Abbildung 12: Knüppelwalzwerk [8].....	13
Abbildung 13: Anlieferung mittels interner Werksbahn	14
Abbildung 14: Übersicht Ablauf bei voestalpine Austria Draht GmbH.....	14
Abbildung 15: Schienenwalzwerk [3].....	16
Abbildung 17: voestalpine Tubulars GmbH [9]	17
Abbildung 18: Anlieferung mittels Laufkran	20
Abbildung 19: Ansicht der Weitergabe-Einheit	20
Abbildung 20: Ansicht mit Transporthebel	21
Abbildung 21: Momentane Übergabesituation Rollgang.....	21

Abbildung 22: Ansicht Anschlag	22
Abbildung 23: Bereichsübersicht Knüppelaufgaberost (Entwirrer)	29
Abbildung 24: Draufsicht; mit Übersicht der Bereiche.....	32
Abbildung 25: Schnitt A-A; mit Übersicht der Bereiche	32
Abbildung 26: BG1; Vorderansicht und Seitenansicht der Position 1	33
Abbildung 27: BG1; Vorderansicht und Seitenansicht der Position 2.....	33
Abbildung 28: Baugruppe 2, Positionsübersicht	34
Abbildung 29: BG2; Detail Befestigung der Fahrbahn	34
Abbildung 30: BG2; Position 1, Vorderansicht und Seitenansicht.....	35
Abbildung 31: BG2; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht, Darstellung ohne Hydraulikzylinder	35
Abbildung 32: BG2; Korpus des Hubwagens.....	36
Abbildung 33: BG2; Detail Befestigung Hydraulikzylinder.....	36
Abbildung 34: BG2; Detail Radaufhängung	37
Abbildung 35: BG2; Detail Rad.....	37
Abbildung 36: BG2; Zwischenstück.....	38
Abbildung 37: BG2; Führungsblech.....	38
Abbildung 38: Baugruppe 3, Positionsübersicht	40
Abbildung 39: BG3; Detail Befestigung der Fahrbahn	40
Abbildung 40: BG3; Position 1, Vorderansicht und Seitenansicht.....	41
Abbildung 41: BG3; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht.....	41
Abbildung 42: BG3; Korpus des Hubwagens.....	41
Abbildung 43: BG3; Detail Radaufhängung	42

Abbildung 44: BG3; Detail Rad	43
Abbildung 45: BG3; Führungsblech.....	43
Abbildung 46: BG4; Vorderansicht	44
Abbildung 47: BG4; Seitenansicht.....	44
Abbildung 48: BG4; Befestigung der Blechplatten.....	45
Abbildung 49: BG4; Detail Befestigung Hydraulikzylinder	45
Abbildung 50: BG4; Detail Zwischenstück.....	46
Abbildung 51: BG4; seitliche Stabilisierung	46
Abbildung 52: BG5; Vorderansicht und Seitenansicht	48
Abbildung 53: BG5; Grundrahmen	49
Abbildung 54: BG5; Detail Befestigung Hydraulikzylinder	49
Abbildung 55: BG5; Detail Zwischenstück.....	50
Abbildung 56: BG5; Detail Auflageblech.....	50
Abbildung 57: BG6; Detail Schienenbefestigung	52
Abbildung 58: BG6; Detail Schienenklemme	52
Abbildung 59: BG6; Detail Puffer	53
Abbildung 60: BG6; Vorderansicht und Draufsicht, innere Ausführung.....	53
Abbildung 61: BG6; Vorderansicht und Draufsicht, äußere Ausführung	54
Abbildung 62: Baugruppe 7, Positionsübersicht	55
Abbildung 63: Baugruppe 8, Positionsübersicht	55
Abbildung 64: Baugruppe 9, Positionsübersicht	55
Abbildung 65: BG 7, 8 und 9; Position 1, Seitenansicht.....	56
Abbildung 66: BG7, 8 und 9; Detail Verankerung	56

Abbildung 67: BG7, 8 und 9; Detail Knotenbleche.....	57
Abbildung 68: BG7, 8 und 9; Vergleich Montage eine Baugruppe und zwei Baugruppen	57
Abbildung 69: BG7, 8 und 9; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht	58
Abbildung 70: BG7, 8 und 9; Detail Klinkenmontage	58
Abbildung 71: BG7, 8 und 9; Funktionsweise Klinker	59
Abbildung 72: BG7, 8 und 9; Detail Radaufhängung	59
Abbildung 73: BG7, 8 und 9; Detail Rad.....	60
Abbildung 74: Baugruppe 10; Positionsübersicht	61
Abbildung 75: BG 10; Position 1, Seitenansicht.....	61
Abbildung 76: BG10; Detail Verankerung.....	62
Abbildung 77: BG10; Detail Knotenbleche.....	62
Abbildung 78: BG10; Vergleich Montage eine Baugruppe und zwei Baugruppen.....	62
Abbildung 79: BG10; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht.....	63
Abbildung 80: BG10; Detail Klinkenmontage.....	64
Abbildung 81: BG10; Funktionsweise Klinker	64
Abbildung 82: BG10; Detail Radaufhängung	65
Abbildung 83: BG10; Detail Rad.....	65
Abbildung 84: Baugruppe 11, Positionsübersicht	66
Abbildung 85: BG11; Position 1, Vorderansicht und Seitenansicht.....	66
Abbildung 86: BG11; Detail Verankerung	67
Abbildung 87: BG11; Detail Hydraulikzylinderbefestigung	67
Abbildung 88: BG11; Detail Montage des Hydraulikzylinders	68

Abbildung 89: BG11; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht.....	69
Abbildung 90: BG11; Detail Befestigung Lasche-Gelenkkopf	69
Abbildung 91: BG11; Korpus des Übergabewagens	70
Abbildung 92: BG11; Detail Rad	70
Abbildung 93: BG11; Detail Rundstahl	71
Abbildung 94: Gesamtübersicht des Knüppelaufgaberostes mit Halle.....	73
Abbildung 95: Ablauf Bereich 1 – Aufgabe	74
Abbildung 96: Vorderansicht, Bereich 1 – Aufgabe am Beginn der Arbeitsfolge.....	74
Abbildung 97: Bereich 1 – Aufgabe; Aufgabe mittels Kran	74
Abbildung 98: Vorderansicht, Bereich 1 – Aufgabe am Ende der Arbeitsfolge	75
Abbildung 99: Ablauf Bereich 2 – Weitergabe	75
Abbildung 100: Vorderansicht, Bereich 2 – Weitergabe am Beginn der Arbeitsfolge.....	75
Abbildung 101: Grundstellungen der drei Baugruppen	76
Abbildung 102: BG 2 Hub Endposition	76
Abbildung 103: BG 2 Fahrt Endposition	76
Abbildung 104: BG 2 Hub Grundstellung.....	77
Abbildung 105: BG 2 Fahrt Grundstellung.....	77
Abbildung 106: Vorderansicht, Bereich 2 – Weitergabe am Ende der Arbeitsfolge.....	77
Abbildung 107: Ablauf Bereich 3 – Abstreifer	78
Abbildung 108: Vorderansicht, Bereich 3 – Abstreifer am Beginn der Arbeitsfolge.....	78
Abbildung 109: Grundstellung der drei Baugruppen	78
Abbildung 110: BG 3 Fahrt bis Mitte BG 4.....	79
Abbildung 111: untere Lage wird von der oberen getrennt	79

Abbildung 112: BG 4 Hub 50 % hoch, BG 3 Fahrt vorwärts.....	79
Abbildung 113: BG 4 Hub Endposition, BG 3 Fahrt Endposition.....	80
Abbildung 114: BG 5 Hub Endposition	80
Abbildung 115: BG 3 Fahrt Grundstellung	80
Abbildung 116: BG 5 Hub Grundstellung, BG 4 Hub Grundstellung	81
Abbildung 117: Vorderansicht, Bereich 3 – Abstreifer am Ende der Arbeitsfolge.....	81
Abbildung 118: Ablauf Bereich 4 – Quertransport.....	82
Abbildung 119: Vorderansicht, Bereich 4 – Quertransport am Beginn der Arbeitsfolge .	82
Abbildung 120: Grundstellung des Bereiches 4 – Quertransport	82
Abbildung 121: BG 7 Fahrt Endposition	83
Abbildung 122: BG 7 Fahrt Grundstellung	83
Abbildung 123: BG 8 Fahrt Endposition	83
Abbildung 124: BG 8 Fahrt Grundstellung	83
Abbildung 125: BG 9 Fahrt Endposition	84
Abbildung 126: BG 9 Fahrt Grundstellung	84
Abbildung 127: BG 10 Fahrt vorwärts bis Endposition.....	84
Abbildung 128: BG 10 Fahrt Grundstellung	85
Abbildung 129: alle Baugruppen des Bereiches 4 – Quertransport wieder in der Grundstellung.....	85
Abbildung 130: Vorderansicht, Bereich 4 – Quertransport am Ende der Arbeitsfolge	85
Abbildung 131: Ablauf Bereich 5 – Übergabe Rollgang	86
Abbildung 132: Vorderansicht, Bereich 5 – Übergabe Rollgang am Beginn der Arbeitsfolge	86

Abbildung 133: Grundstellung Bereich 5 – Übergabe Rollgang	86
Abbildung 134: BG 11 Hub Endposition	86
Abbildung 135: BG 11 Fahrt Endposition	87
Abbildung 136: BG 11 Hub Grundstellung.....	87
Abbildung 137: BG 10 Fahrt vorwärts, BG 11 Fahrt Grundstellung	87
Abbildung 138: Vorderansicht, Bereich 5 – Übergabe Rollgang am Ende der Arbeitsfolge	88
Abbildung 139: Hubweg-Zeit-Diagramm & Manipulationsgeschwindigkeit-Zeit-Diagramm	90
Abbildung 140: Ansicht Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen.....	92
Abbildung 141: Freischnitt der Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen	94
Abbildung 142: Abstraktion der gegebenen Situation als Träger auf 2 Stützen	95
Abbildung 143: Abstraktion einer Achse.....	96
Abbildung 144: Einfach-Rollenketten nach der DIN 8187-1, Fa. Wippermann [11].....	99
Abbildung 145: Kettenräder für Rollenketten nach der DIN 8187, Fa. Wippermann [12]	101
Abbildung 146: Freikörperbild „Kettenrad“.....	102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Formate der Stranggussanlagen [10].....	12
Tabelle 2: Formate des Walzwerkes [10].....	13
Tabelle 3: Vergleich Ist-Soll der gesamten Anlage	25
Tabelle 4: Vergleich Ist-Soll bei der Erstbefüllung	26
Tabelle 5: Vergleich Ist-Soll im laufenden Betrieb	26
Tabelle 6: Farbeinteilung der Baugruppen.....	31
Tabelle 7: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 2.....	39
Tabelle 8: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 4.....	47
Tabelle 9: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 5.....	51
Tabelle 10: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 11, Position 1	68
Tabelle 11: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 11, Position 2	71
Tabelle 12: Tabelle der technischen Daten, Fa. Wippermann [11].....	99
Tabelle 13: Tabelle der technischen Daten für das Kettenrad, Fa. Wippermann [12] ..	101
Tabelle 14: Tabelle der technischen Daten für den E-Motor, Fa. SevaTec [13]	105
Tabelle 15: Übersicht der gewählten Stirnradgetriebemotoren	106

Abkürzungsverzeichnis

BG	Baugruppe
IPB-Träger	Breitflanschträger
U-Träger	U-Profil mit parallelen Flansch

1 Einleitung

Die bestehende Anlage ist nunmehr 30 Jahre im Einsatz und entspricht nicht mehr dem Stand der Technik. Sie besteht im Wesentlichen aus herkömmlichen Stahlbauelementen. Bei längeren Stillständen ist zusätzlich eine Auftragsschweißung der Auflageflächen erforderlich.

Da zusätzliche (nicht planmäßige) Wartungen Ausfälle der Produktion herbeiführen würden und diese Ausfälle sehr kostenintensiv wären, ist es erforderlich alternative Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

Die Abteilung Instandhaltung der **voestalpine** Austria Draht GmbH ist an das Service Center der **voestalpine** Stahl Donawitz GmbH & Co KG Abteilung Konstruktion und Planung mit dem Auftrag heran getreten, die veraltete Anlage auf den neuesten und effizientesten Stand der Technik zu bringen. Dieses Projekt wurde mir als Verantwortlichen anvertraut.

Nach den ersten Gesprächen mit den Verantwortlichen vor Ort, kristallisierten sich im Wesentlichen zwei Hauptprobleme heraus. Diese bestehen einerseits in der geringen Durchsatz- und Aufgabemenge sowie andererseits in der extremen Lärmentwicklung während der Wipp- und Vorwärtsbewegung durch das Herunterfallen der einzelnen Knüppel.

Um diese Problematik näher zu erläutern, möchte ich im nachfolgenden Kapitel zuerst die Prozessabläufe am Standort Donawitz schildern.

2 Standort voestalpine Donawitz

Der **voestalpine** Konzern, mit Hauptsitz in Linz, ist mit seinen rund 360 Gesellschaften in über 60 Ländern tätig und setzt sich aus insgesamt vier Divisionen zusammen:

- Steel Division
- Special Steel Division
- Metal Engineering Division
- Metal Forming Division

Aus der Metal Engineering Division sind folgende Unternehmen der **voestalpine** AG am Standort Donawitz ansässig:

- **voestalpine** Schienen GmbH
- **voestalpine** Austria Draht GmbH
- **voestalpine** Stahl Donawitz GmbH & Co KG



Abbildung 1: Blick auf das Werksgelände [2]

2.1 Geschichtliches [1]

Die erste urkundliche Erwähnung des Standortes Donawitz in Bezug auf die Eisen- und Stahlerzeugung betrifft ein Dokument zweier Hämmer aus dem Jahre 1436.

Eine nennenswerte Stahlerzeugung setzte erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts ein, als 1805 ein Drahtzug von Johann Sackl und 1809 ein Hammerwerk von Egger von Eggenwald erbaut wurde.

Die erste Puddelstahlerzeugung erfolgte in den Jahren 1836 bis 1854 ermöglicht durch den Bau der Franzens-, Karoli- und Theodorahütte durch Franz Mayr sen. und dessen Söhne.

Im Jahre 1872 wurde der Industriekomplex an die k.k.privileg. Actien-Gesellschaft der Innerberger Hauptgewerkschaft verkauft. Etwa zur selben Zeit wurde die Bahnlinie Leoben – Vordernberg eröffnet. Eine technische Innovation brachte der Bau des ersten Martinofens im Jahre 1878.

In den Jahren 1881 und 1882 ging die gesamte Werksanlage in den Besitz der neu gegründeten ÖSTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT (ÖAMG) über.

Gleichzeitig mit der Fertigstellung der Bahnlinie Vordernberg – Eisenerz im Jahre 1889 wurde mit der Errichtung des ersten Kokshochofens begonnen, welcher schließlich im Jahre 1891 angeblasen wurde.

1890 ging das neue Block- und Drahtwalzwerk in Betrieb. Durch einen neuen Verkehrsweg sowie den durchgeführten Investitionen, erlangte Donawitz gleichzeitig derart an Bedeutung, dass der Standort der absolute Mittelpunkt der Verhüttung der k.k. Monarchie wurde.

1897 ging das neue Träger- und Schienenwalzwerk in Betrieb. Dessen Bau wurde aus dem Verkaufserlös des Gußstahlwerkes in Kapfenberg an die Gebrüder BÖHLER & CO finanziert.

Nach Erlangen der Aktienmehrheit im Jahre 1897 und durch neuerliche Großinvestitionen gewann Donawitz weiter an Bedeutung.

Im Jahre 1909 ging das neue Feinwalzwerk in Betrieb.

Durch die Inbetriebnahme des 14. Martinofens gelang es im Jahr 1914 das Stahlwerk Donawitz zur größten SM-Stahlwerksanlage des Kontinentes auszubauen.

1922 ging die ÖSTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT (ÖAMG) in den Besitz der „Vereinigten Stahlwerke AG“ Düsseldorf über.

Eine weitere wichtige Neuerung im Bereich der Hochofenanlage war die Errichtung der Apold-Fleißner-Röstöfen im Jahre 1926.

Um die Stahlerzeugung noch hochwertiger zu machen, wurden 1928 die ersten beiden Elektroöfen in Betrieb genommen. Gleichzeitig begann man mit der Erzeugung der ersten „Elektro-Mangan-Schienen“.

Nach dem Anschluss Österreichs an das Deutsche Reich erfolgte im Jahre 1939 die Fusion der ÖSTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT (ÖAMG) mit der „Reichswerke AG für Erzbaue und Eisenhütten Hermann Göring Linz“ zur „ALPINE MONTAN AG“, Hermann Göring, Linz. Daraus gingen im Jahre 1941 die „Reichswerke AG Alpine Montanbetriebe“, Hermann Göring hervor.

1946 wurde die ÖSTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT (ÖAMG) verstaatlicht und durch den Marshall-Plan wiederaufgebaut. Es wurden eine neue Block-, eine neue Knüppel- und eine neue Profilstraße erbaut.



Abbildung 2: Hütte Donawitz, Gesamtansicht im Jahre 1948 [1]

Im Jahre 1953 ging in Donawitz das mit zwei 30t-Konvertern und einem 500t-Roheisenmischer ausgestattete LD-Stahlwerk als weltweit zweite Anlage in Betrieb. Das sogenannte LD-Verfahren wurde von Donawitzer Ingenieuren mitentwickelt.



Abbildung 3: LD-Stahlwerk, Blick auf Konverter während des Blasevorganges [1]

Wegen der Überalterung des Feinwalzwerkes wurde ein Neubau in Form einer Draht- und einer kombinierten Stab- und Bandstraße in den Jahren 1959 bis 1962 notwendig.

Der größte österreichische Zusammenschluss im Eisenwesen erfolgte durch die Fusion der ÖSTERREICHISCH-ALPINE MONTANGESELLSCHAFT (ÖAMG) mit der VOEST am 1. Jänner 1973. Im selben Jahr ging die Sinteranlage in Betrieb.



Abbildung 4: Hütte Donawitz, Hochofenanlage [1]

Mit der Investition der Knüppelstranggussanlage 1979 und der Vorblockstranggussanlage 1980 wurde der Blockguss in Donawitz aufgelassen.

Im Jahr 1987 wurde durch Umstrukturierungen der VOEST-ALPINE AG die Hütte Donawitz als eigenständiges Unternehmen namens VOEST-ALPINE STAHL Donawitz GmbH ausgegliedert.

1991 kam es am Standort Donawitz zu einer Teilung des Unternehmens in drei eigenständige Gesellschaften: VOEST-ALPINE SCHIENEN GmbH, VOEST-ALPINE STAHL Donawitz GmbH und VOEST-ALPINE WALZDRAHT GmbH.

Im Oktober des Jahres 1995 erfolgte der Börsengang der VOEST-ALPINE STAHL AG.

Zur Jahrtausendwende erfolgte die Inbetriebnahme des Kompaktstahlwerkes in Donawitz.

2001 wurde eine Konzernstruktur nach vier Divisionen geschaffen. Die VOEST-ALPINE STAHL Donawitz wurde in der Division Bahnsysteme eingegliedert.

2006 wurde in Donawitz das weltweit modernste Schienenwalzwerk in Betrieb genommen. Dieses neue Schienenwalzwerk ermöglicht es, Schienen bis zu einer Länge von 120 Metern aus einem Stück zu fertigen.

Um weiterhin auf dem weltweiten Markt bestehen zu können, werden laufend Investitionen getätigt, damit Qualität und Quantität sichergestellt sind oder gesteigert werden können.

2.2 Produktionsablauf

Die Hütte **voestalpine** Stahl Donawitz GmbH & CoKG ist ein stahlerzeugendes Hüttenwerk. In der Hütte Donawitz werden jährlich mehr als 1,5 Millionen Tonnen Hochqualitätsstähle produziert.

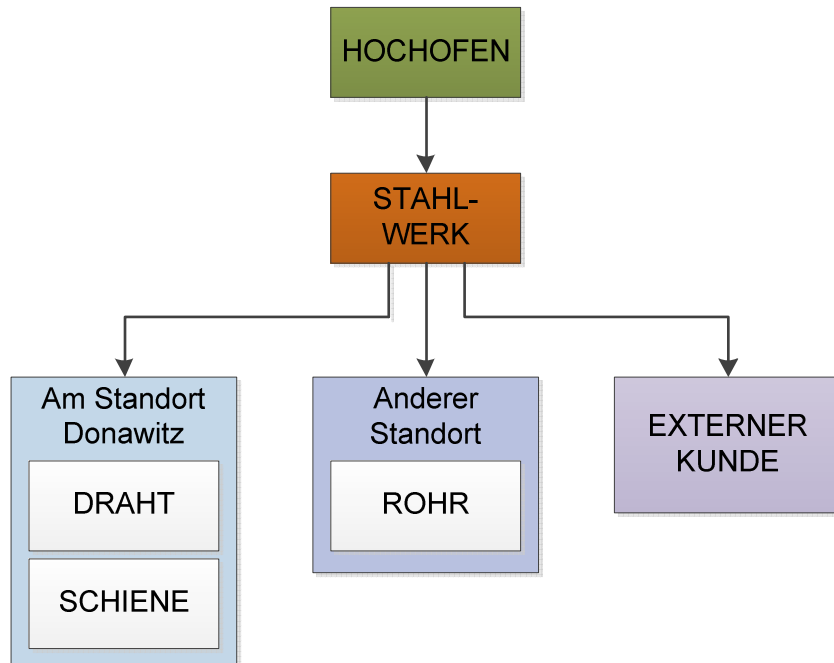


Abbildung 5: Übersicht Stahl Donawitz

Die Einsatzstoffe werden über den Hochofen zu flüssigem Roheisen reduziert und mittels LD-Verfahren zu flüssigem Rohstahl weiterverarbeitet. Danach wird über die Sekundärmetallurgie die gewünschte Stahlsorte eingestellt und mit Hilfe der Stranggussanlagen zu festem Stahl gegossen. Dieses feste Endprodukt wird entweder innerbetrieblich weiter geliefert zur **voestalpine** Schienen GmbH, zur **voestalpine** Austria Draht GmbH, zur **voestalpine** Tubulars GmbH & Co KG oder zu externen Kunden.

2.3 voestalpine Stahl Donawitz GmbH & CoKG – Bereich Hochofenbetrieb

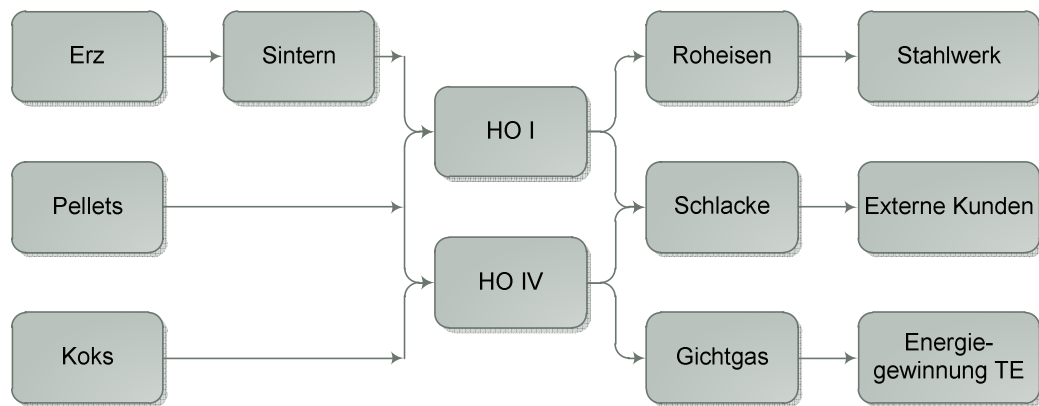


Abbildung 6: Übersicht Produktionsfluss Hochofen

Der Bereich Hochofenbetrieb setzt sich im Wesentlichen aus der Sinteranlage und den beiden Hochöfen zusammen.



Abbildung 7: Hochofen 1 und Hochofen 4 [4]

In der Sinteranlage wird eine Mischung aus Erzen und diversen Zuschlagsstoffen zu einem Sinterkuchen gebacken. Dieser Sinterkuchen wird anschließend über Förderbänder zu den beiden Hochöfen befördert. Dort werden zu diesem Kuchen noch Eisenerzpellets und Koks dazu gemischt und über den sogenannten Schrägaufzug zu den Hochofenköpfen befördert. Im Hochofen wird diese Mischung durch eine Reihe von physikalischen und chemischen Reaktionen zu flüssigem Roheisen reduziert. Nebenprodukt dieses Prozesses sind Schlacke und Gas.

Das Gas wird intern zu Energiegewinnung genutzt.

Die Schlacke wird granuliert und an externe Kunden verkauft.

Das Hauptprodukt, das flüssige Roheisen, wird über sogenannte Roheisen-Torpedopfannen zum Stahlwerk befördert.

2.4 voestalpine Stahl Donawitz GmbH & CoKG – Bereich Stahlwerksbetrieb

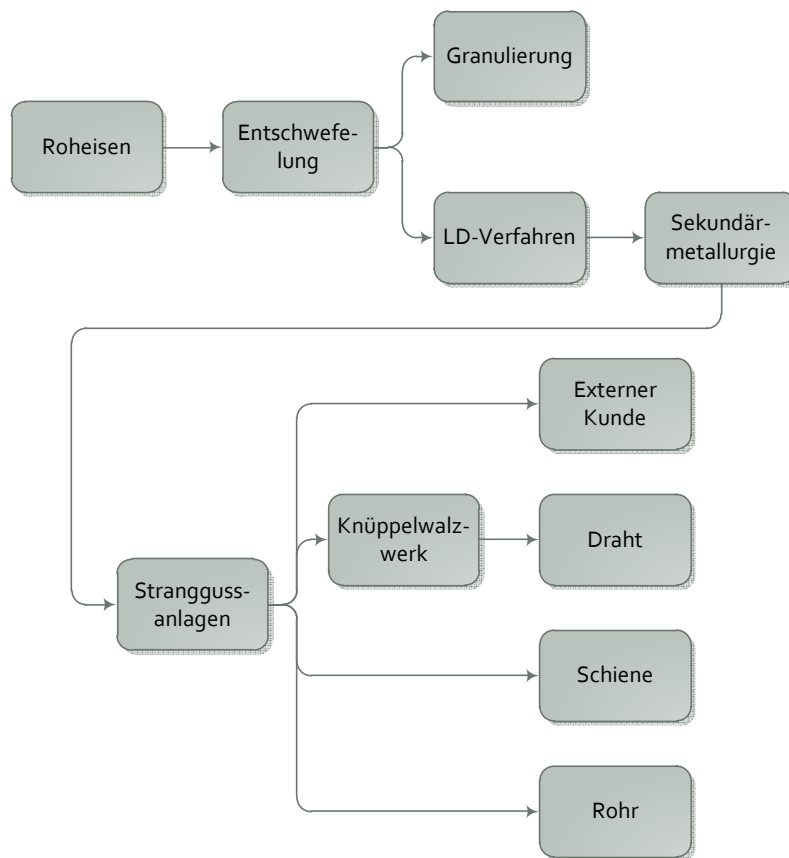


Abbildung 8: Übersicht Produktionsfluss Stahlwerk

Nach dem Transport des Roheisens vom Hochofen zum Stahlwerk mittels Roheisen-Torpedopfannen erfolgt die Roheisen-Entschwefelung. Hierbei wird der unerwünschte Schwefel mit Hilfe eines Entschwefelungsmittels entfernt.

Danach wird das Roheisen entweder in der Granulieranlage granuliert oder weiter Richtung LD Verfahren transportiert.



Abbildung 9: LD-Verfahren [5]

Beim sogenannten LD-Verfahren wird das flüssige Roheisen mit Schrott und diversen Zuschlägen durch Aufblasen von Sauerstoff zu Rohstahl verschmolzen. Das wichtigste Ziel dieses Verfahrens ist die Entfernung unerwünschter Begleitelemente. Unmittelbar danach geht es weiter zur Sekundärmetallurgie.



Abbildung 10: Sekundärmetallurgie [6]

Die Sekundärmetallurgie im Stahlwerk der **voestalpine** Stahl Donawitz GmbH & CoKG umfasst folgende Aggregate:

- **Pfannenofen**
Im Pfannenofen erfolgt die Temperatureinstellung des Stahlbades für die Weiterverarbeitung, wobei die Anlage darüber hinaus noch zur Homogenisierung der Schmelze und zur Verbesserung des Reinheitsgrades dient.
- **Konditionierstand**
Es erfolgt ein Spülen der Schmelze in Verbindung mit der Schlacke. Es werden unter anderem das Homogenisieren des Stahles hinsichtlich Temperatur und Zusammensetzung sowie exaktes Einstellen der Analyse erzielt.
- **RH-Anlage**
Diese Anlage gehört zur Gruppe der Vakuum-Entgasungsanlagen. Hierbei wird durch ein Vakuumgefäß, das auf die Pfanne aufgesetzt wird, ein Druckabfall erzeugt. Durch diesen Druckabfall wird der Stahl entgast, d.h. der Wasserstoffgehalt wird vermindert.
- **VD-Anlage**
Auch diese Anlage gehört zu der Gruppe der Vakuum-Entgasungsanlagen. Im Unterschied zur RH-Anlage wird in der VD-Anlage die ganze Pfanne in einen Vakuumbehälter gestellt und somit der Stahl entgast.

Nach der Sekundärmetallurgie werden die Pfannen mit dem flüssigen Rohstahl zu den beiden Stranggussanlagen CC2 und CC3 weiterbefördert.



Abbildung 11: Stranggussanlage [7]

Die beiden Stranggussanlagen unterscheiden sich in den Gießformaten und der Strangzahl. Das Stranggussverfahren ist ein kontinuierliches Gießverfahren. Dabei wird das flüssige Stahlbad über eine Verteilerwanne in die Stranggussanlage eingegossen. Durch schnelles Abkühlen verfestigt sich die äußere Schale gleich am Beginn, der Kern bleibt jedoch zuerst noch flüssig. Um gleichmäßige Stränge zu erzeugen und mögliche Blasenbildung zu verhindern, wird das flüssige Material im Inneren des Stranges mit Hilfe von magnetischen Feldern, erzeugt durch sogenannte Rührspulen, in Bewegung gehalten. Am Ende der Anlage werden die Stränge mit Brennschneideinrichtungen zu sogenannten Vorblöcken zugeschnitten. Es werden folgende Formate gegossen:

Tabelle 1: Formate der Stranggussanlagen [10]

Format	Min. Länge	Max. Länge	Toleranz	Anlage
390x283mm	5.000mm	9.000mm	+/- 50mm	CC2
230mm Rund	8.000mm	12.000mm	+/- 50mm	CC2 & CC3

Bei der Stranggussanlage CC2 werden die Vorblöcke direkt gelagert und können weiter geliefert werden. Während bei der Stranggussanlage CC3 die Vorblöcke noch gewalzt werden können.

Das Walzen der Vorblöcke erfolgt im so genannten Knüppelwalzwerk.



Abbildung 12: Knüppelwalzwerk [8]

Hierbei erfolgt das Walzen der Vorblöcke mit Hilfe von Walzgerüsten, im Direktverband mit der Stranggussanlage CC3. Durch diesen Direktverband profitiert auch die Umwelt, es werden die Aufwärmzeiten verkürzt und dadurch eine große Menge Energie gespart.

Die Vorblöcke mit 230mm Durchmesser werden direkt nach der Stranggussanlage weiter zum Hubbalkenofen befördert. Dabei werden sie auf Temperatur gehalten, bzw. weiter erwärmt. Unmittelbar nach dem Hubbalkenofen ist eine Hochdruckentzunderung angebracht. Nach dieser Entzunderung werden die Vorblöcke in sechs aufeinanderfolgenden Walzgerüsten eingeführt. Das Abkühlen der Knüppel erfolgt auf einem Rechenwende-kühlbett.

Im Knüppelwalzwerk werden die Vorblöcke zu Knüppeln mit den folgenden Formaten gewalzt:

Tabelle 2: Formate des Walzwerkes [10]

Format	Min. Länge	Max. Länge	Toleranz
125x125mm	9.500mm	12.350mm	+/- 50mm
130x130mm	9.500mm	12.350mm	+/- 50mm
140x140mm	8.000mm	10.800mm	+/- 50mm
150x150mm	7.000mm	9.400mm	+/- 50mm
160x160mm	6.200mm	8.400mm	+/- 50mm

Die fertigen Rohrstränge bzw. Knüppel werden entweder innerbetrieblich weitergeliefert zur **voestalpine** Schienen GmbH, zur **voestalpine** Austria Draht GmbH, zur **voestalpine** Tubulars GmbH & Co KG oder zu externen Kunden.

2.5 voestalpine Austria Draht GmbH

Der Betrieb der **voestalpine** Austria Draht GmbH fordert vom Stahlwerk ausschließlich Knüppel mit den Abmessungen 130x130mm mit zwei verschiedenen Längen.

Die geforderten Knüppel werden mit der internen Werksbahn zur **voestalpine** Austria Draht GmbH befördert.



Abbildung 13: Anlieferung mittels interner Werksbahn

In der Drahthalle angekommen werden die Waggons abgeladen und die Knüppel, sortiert nach der jeweiligen Stahlgüte auf Lager gelegt. Der Prozessablauf in der **voestalpine** Austria Draht GmbH ist nachfolgend kurz beschrieben.

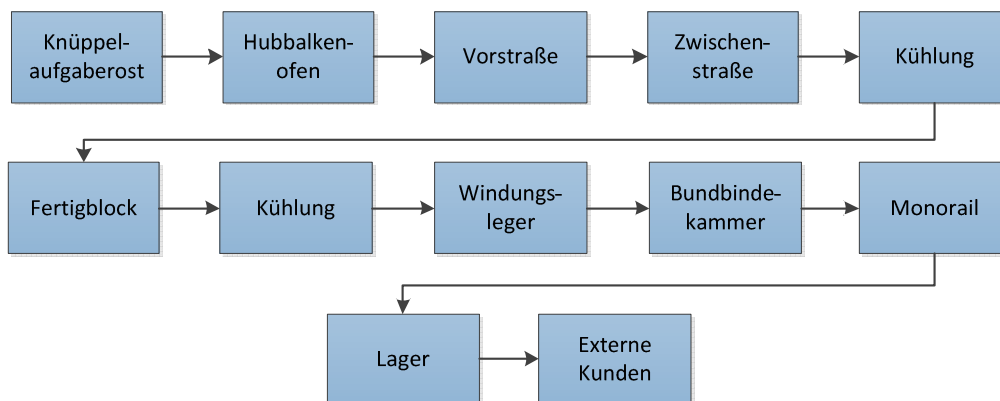


Abbildung 14: Übersicht Ablauf bei voestalpine Austria Draht GmbH

Die Knüppel werden über den Knüppelaufgaberost – auch Entwirrer genannt – an den Hubbalkenofen weitergegeben. Im Hubbalkenofen werden die Knüppel gleichmäßig auf maximal 1200°C erwärmt. Danach wird mittels Hochdruckentzunderung die Eisenoxidschicht abgespritzt. Die anschließende Umformung der Knüppel erfolgt in einer zweiadrigen Walzstraße mit bis zu 28 Stichen. Während des gesamten Umformprozesses

werden durch gezielte Kühlung des Walzgutes die gewünschten Eigenschaften des Endproduktes beeinflusst. In weiterer Folge gelangt das Walzgut über einen Windungsleger in eine Bundbindekammer. Dort werden die Drahtbunde über ein Fördersystem, das sogenannte Monorail, der Qualitätskontrolle zugeführt. Anschließend werden die Bunde gepresst und mit Stahldraht abgebunden. Hubstapler transportieren diese dann zur Verladestelle bzw. ins Drahtlager. Der Versand zu den externen Kunden erfolgt in weiterer Folge entweder mit der Bahn oder mit dem LKW.

2.6 voestalpine Schienen GmbH

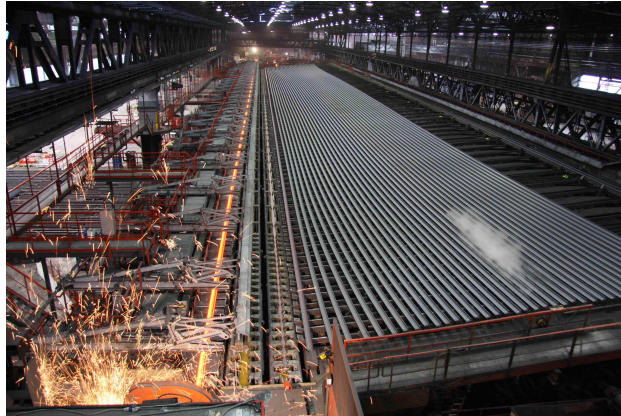


Abbildung 15: Schienenwalzwerk [3]

Die **voestalpine** Schiene GmbH bezieht vom Stahlwerk die Vorblöcke mit den Abmessungen 390x283mm. Die geforderten Vorblöcke werden durch den internen Werksverkehr vom Stahlwerk zur **voestalpine** Schiene GmbH befördert.

Nach der Anlieferung werden die Vorblöcke entweder kurz zwischengelagert oder gleich in den zentralen Hubbalkenofen eingebracht. Hier wird die gewünschte Temperatur gezielt voreingestellt. Nach dem Durchlauf durch den Hubbalkenofen kommen die Blöcke direkt auf die Walzstraße.

Hier werden die erhitzten Vorblöcke in mehreren Stichen auf das gewünschte Profil gewalzt.

Nach diesem Walzprozess wird die bis zu 120m lange Schiene, je nach Anforderungen des Kunden, noch durch eine spezielle Schienenkopfhärteanlage geleitet oder sie gelangt direkt zum Kühlbett.

Danach werden die Schienen noch einer Qualitätskontrolle unterzogen. Abschließend durchlaufen diese noch die Richtpresse, bevor sie für den Transport vorbereitet und verladen bzw. zwischengelagert werden.

Die Verladung erfolgt auf die interne Werksbahn. Diese befördert die Waggonen noch bis zum Bahnhof. Von dort treten die Schienen die Reise mit der jeweilig geforderten Bahn an.

2.7 voestalpine Tubulars GmbH



Abbildung 16: voestalpine Tubulars GmbH [9]

voestalpine Tubulars GmbH ist einer der weltgrößten Produzenten von nahtlosen Stahlrohren. Diese Produkte finden nicht nur Anwendung in der Öl- und Gasproduktion, sondern auch in der Nutzfahrzeuge- und Automobilindustrie sowie im Tunnelbau, in der petrochemischen Industrie, im Kranbau und in Raffinerien.

3 Aufgabenstellung

Die bestehende Anlage ist nunmehr 30 Jahre im Einsatz und entspricht nicht mehr dem Stand der Technik. Die beiden Hauptprobleme bestehen in der geringen Durchsatz- und Aufgabemenge sowie der extremen Lärmentwicklung während der Wipp- und Vorwärtsbewegung durch das Herunterfallen der einzelnen Knüppel.

Als Aufgabegut für den Knüppelaufgaberost dienen so genannte Knüppel. Ein Knüppel ist ein Vorprodukt der Stranggussanlage des internen Stahlwerkes.

Die Anlage wird elektrohydraulisch betrieben und besitzt eine Gesamtbreite von 10,6 m und eine Gesamtlänge von 14,4 m, die Länge kann jedoch auf 15,7 m ausgedehnt werden.

Der bestehende Knüppelaufgaberost wurde für ein Gesamtgewicht von 75 Tonnen ausgelegt. In der längsten Ausführung der gewalzten Knüppel wiegt ein Stück rund 1,55 Tonnen, d.h. auf dem gesamten Anlagebett können rund 48 Stück gleichzeitig transportiert werden.

Auf Wunsch des Betriebes soll die Durchsatzmenge auf 100 bis 150 Stück, je nach Bedarf, angehoben werden.

3.1 Ist-Situation

Aufgegeben werden Knüppel, mit den Abmessungen 130x130mm. Die Längen können dabei zwischen 8,5 und 11,7 Meter variieren. Die Anlieferung des Aufgabegutes erfolgt durch einen Laufkran.

Dieser manipuliert mit Ketten die Knüppel vom Lagerplatz hin zum Aufgaberost. Die maximale Aufgabe besteht aus zwei Reihen zu je acht Knüppelheiten auf einem festen Rost.

Der Laufkran ist zusätzlich noch mit zwei Lastaufnahmemagneten ausgestattet. Diese dienen dazu, ein rasches Eingreifen in den Ablauf der Anlage zu gewährleisten, falls sich durch die Vorwärtsbewegung Fehler ergeben oder die Knüppel nicht richtig voneinander getrennt werden.



Abbildung 17: Anlieferung mittels Laufkran

Nach der Anlieferung durch den Laufkran werden diese zwei Lagen mittels schwenkbarem Rost weitertransportiert.

Um diese zwei Lagen zu „entwirren“ dienen derzeit konisch gelagerte Weitergabe-Einheiten. Durch diese konische Lagerung fallen die einzelnen Knüppel aufeinander ab.

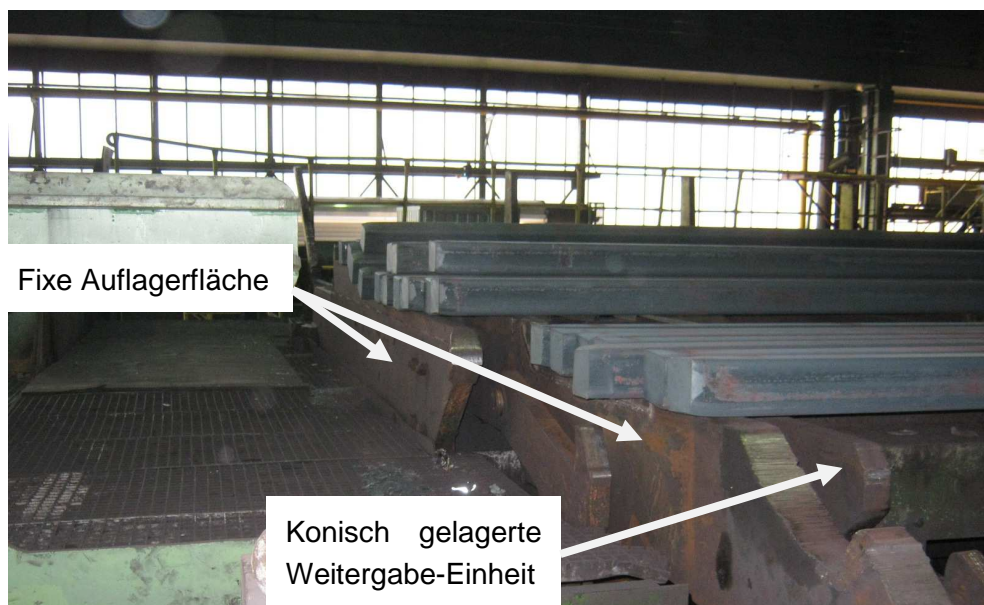


Abbildung 18: Ansicht der Weitergabe-Einheit

Die Aufgabe auf den Rollgang erfolgt mittels Transporthebel, hier rutscht der einzelne Knüppel ab und fällt auf den Rollgang auf.

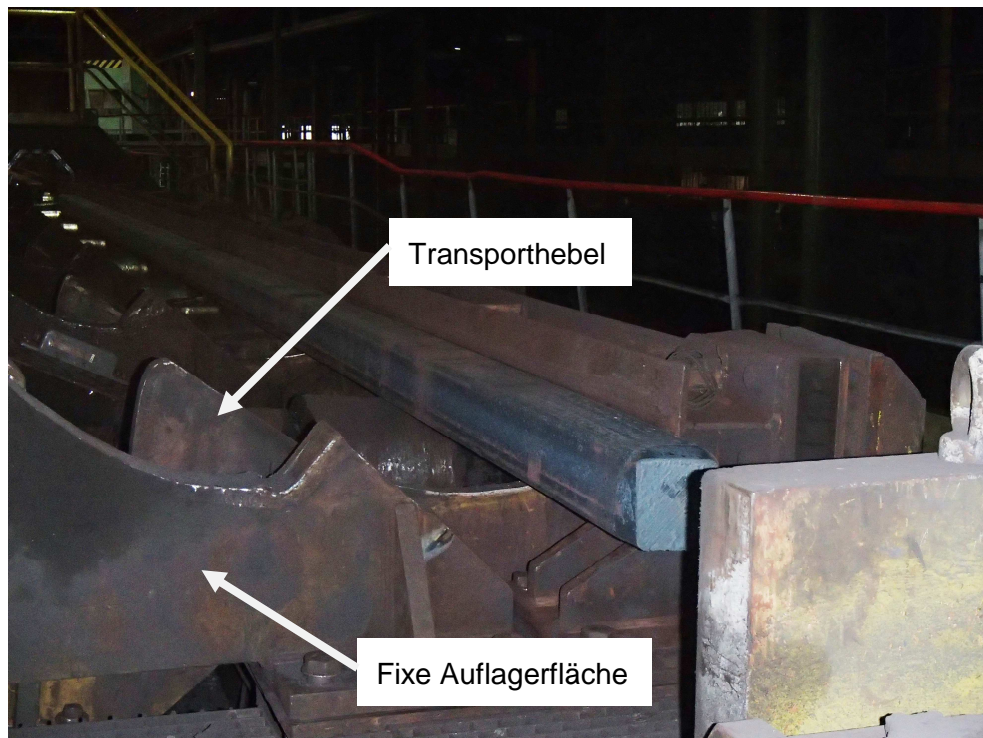


Abbildung 19: Ansicht mit Transporthebel

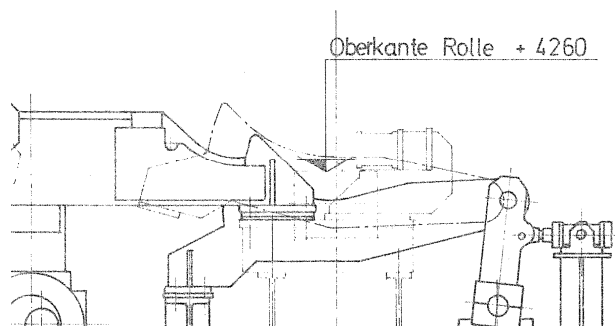


Abbildung 20: Momentane Übergabesituation Rollgang

Um ein Herausfallen der Knüppel aus dem Rollgang zu verhindern, wurde unmittelbar nach dem Rollgang ein fester Anschlag montiert, der hier durch das Abfallen der Knüppel über einen Höhenunterschied von 400mm einer extremen Belastung ausgesetzt ist.

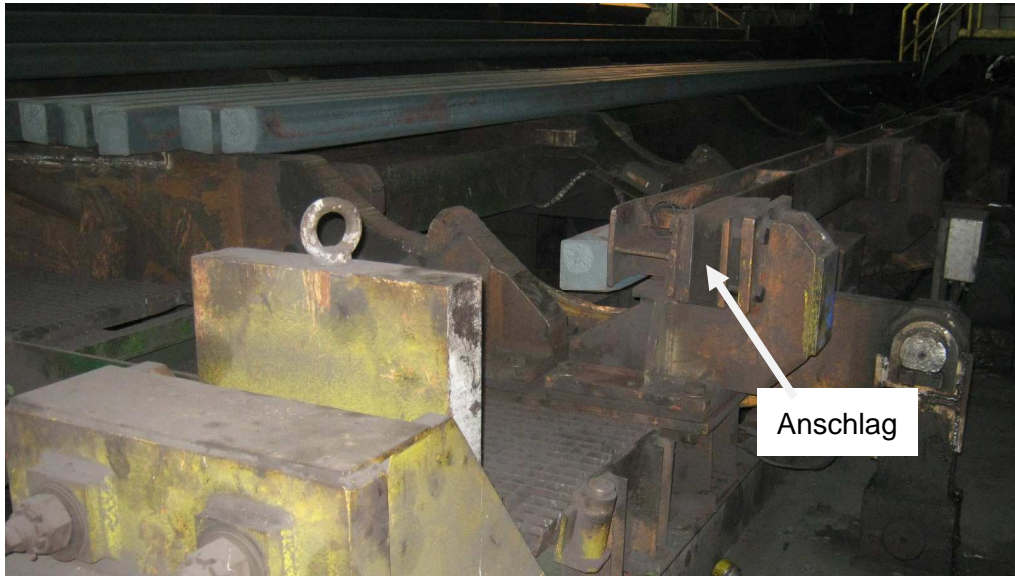


Abbildung 21: Ansicht Anschlag

4 Lösungsvarianten (Soll-Beschreibung)

Beim Beschicken der Anlage entsteht durch das Aufprallen der Knüppel auf den Rost eine sehr hohe Lärmbelastung. Um diesen Lärmpegel möglichst gering zu halten, wird die Entwirrung der Knüppel nach der Aufgabe geändert.

4.1 Variante 1 – Magnetkran

Die Anlieferung mittels Lastaufnahmemagneten beim Kran wäre die simpelste Lösung, da dadurch keine zwei Lagen mehr aufgegeben würden, sondern nur eine einzige Lage. Diese Umstellung auf Magnete ist aber nicht möglich, da der Kran auch zur Entladung der ankommenden Waggons der internen Werksbahn genutzt wird.

Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit, direkt bei der Anlage automatisierte Portalkräne zu montieren und diese mit Magneten auszustatten.

Die Anlieferung würde wie gehabt erfolgen: mittels Kette, ein Paket mit zwei Lagen zu je acht Stück. Der vor Ort neu errichtete Portalkran würde dann mit seinen Magneten die obere Lage von der unteren Lage herabheben und diese auf eine Weiterbeförderungseinheit ablegen.

Eine Möglichkeit wäre ein umlaufendes Band, das auf einer Seite mit einer Antriebswelle ausgestattet wäre und auf der andern Seite eine Umlaufrolle besäße.

Dieser Vorschlag wurde aber seitens der Betriebsleitung verworfen.

Die Begründung hierfür lautet wie folgt:
Nach Rücksprache mit der Betriebsleitung wurde festgestellt, dass durch den abfallenden Zunder der Knüppel die benötigte Schiene am Fuße des Portalkrans einer ständigen und somit extremen Verschmutzung ausgesetzt wäre. Wenn es dadurch zu einem Ausfall der Anlage kommt, wäre zwangsläufig ein Stillstand der gesamten dahinterliegenden Drahtstraße die Folge. Der Hallenlaufkran hätte nicht die Kapazität, die einzelnen Lagen mit den Magneten zu trennen.

4.2 Variante 2 – Knüppelaufgaberost (Abstreifer)

Da die Weitergabe der Knüppel mittels Magnete für den Betrieb nicht relevant ist, wurde nach einem weiteren Lösungsansatz gesucht.

In ständiger Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern vor Ort und nach reiflicher Überlegung wurde eine weitere Möglichkeit zur Trennung der beiden Lagen von mir gefunden: ein sogenannter Abstreifer, als Teil des Knüppelaufgaberostes.

Hierbei wird durch einen hydraulisch betätigten Abstreifer die obere Lage von der unteren getrennt. Es werden beide Lagen durch eine fahrende Einheit (Wagen) Richtung Rollgang befördert. An dem oben genannten hydraulisch betätigten Abstreifer wird die obere Lage an der Weiterfahrt blockiert, sodass diese durch die Weiterfahrt des Wagens voneinander getrennt werden.

Nach Prüfung der Betriebsleitung wurde die Detailierung dieses Vorschlages freigegeben.

5 Kapazitäten Ist-Soll-Vergleich

Vorab einige Definitionen:

Knüppel:

Als Knüppel bezeichnet man ein quadratisches Halbzeug das ein Erzeugnis der Stranggussanlage ist. Bei der **voestalpine** Austria Draht GmbH am Standort Donawitz werden Knüppel mit den Abmessungen 130x130mm, die Längen können zwischen 8,5 und 11,7 Meter variieren, verwendet. Ein Knüppel mit dem Abmaß 130x130x11700mm hat ein Gewicht von rund 1,55 Tonnen Stahl.

Paket:

Ein Paket besteht aus zwei Reihen zu je acht Stück Knüppel und entspricht einem Gesamtgewicht von rund 25 Tonnen Stahl.

Aufgabeeinheiten:

Hierbei handelt es sich um einen Bereich, der das Fassungsvermögen von einem Paket besitzt.

5.1 Ist-Soll-Vergleich der gesamten Anlage

Tabelle 3: Vergleich Ist-Soll der gesamten Anlage

	IST	SOLL
Aufgabeeinheit	2	3
Minimal (gesamte Anlage)	2 Pakete	5 Pakete
Maximal (gesamte Anlage)	3 Pakete	7 Pakete
Knüppel bei max. Auslastung	48 Knüppel	112 Knüppel
Pakete bei max. Auslastung	3 Pakete	7 Pakete
Tonnen Stahl bei max. Auslastung	75 Tonnen	174 Tonnen

Die maximale Kapazität ist durch die darauffolgende Anlage, den Hubbalkenofen, begrenzt.

Der Hubbalkenofen hat einen theoretischen Durchsatz von maximal 120 Knüppeln pro Stunde. Betrachtet man das Jahresmittel erhält man einen Wert von 112 Knüppeln pro

Stunde. Daraus ist ersichtlich, dass eine Steigerung der Produktivität durchaus noch möglich wäre, jedoch mit dem momentan eingesetzten Knüppelaufgaberost nur schwer durchführbar ist.

5.2 Erstbefüllung

Tabelle 4: Vergleich Ist-Soll bei der Erstbefüllung

	IST	SOLL
Aufgabeeinheit	2	3
Knüppel bei max. Auslastung	48 Knüppel	112 Knüppel
Pakete bei max. Auslastung	3 Pakete	7 Pakete
Tonnen Stahl bei max. Auslastung	75 Tonnen	174 Tonnen
Kranfahrten bei max. Auslastung	3 mal	7 mal

Bei der Ist-Situation muss der Kran 3 Pakete anliefern, damit die Anlage voll ausgelastet ist. Daraus ergibt sich ein niedriger Durchsatz bei der bestehenden Anlage.

Bei der neuen Anlage, also die Soll-Variante, muss der Kran 7 Pakete anliefern, um eine Volllauslastung zu erzielen. Daraus ergibt sich ein höherer Durchsatz bei der neu geplanten Anlage.

5.3 Laufender Betrieb

Tabelle 5: Vergleich Ist-Soll im laufenden Betrieb

	IST	SOLL
Aufgabeeinheit	2	3
Knüppel bei max. Auslastung	48 Knüppel	112 Knüppel
Pakete bei max. Auslastung	3 Pakete	7 Pakete
Tonnen Stahl bei max. Auslastung	75 Tonnen	174 Tonnen
Anlieferzeit, Befüllung aller Aufgabeeinheiten	Alle 17 Minuten	Alle 25 Minuten

Bei der Ist-Situation muss der Kranfahrer ca. alle 17 Minuten die Anlage beschicken. Pro 8 Stunden-Schicht muss also rund 28-mal angeliefert werden.

Bei der neuen Anlage, Soll-Variante, muss der Kranfahrer nur mehr alle 25 Minuten die Anlage beschicken, das wiederum ergibt eine Anlieferung von 19-mal pro 8 Stunden-Schicht.

6 Übersicht Knüppelaufgaberost / Entwirrer

Nachdem die Freigabe der Betriebsleitung für die zweite Lösungsvariante erfolgte, wurde in ständiger Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern vor Ort nachfolgend dargestellte Anlage detailliert ausgearbeitet.

Um den neu entwickelten Knüppelaufgaberost genauer betrachten zu können, habe ich bei der Beschreibung die komplette Anlage in fünf Bereiche unterteilt, siehe *Abbildung 22: Bereichsübersicht Knüppelaufgaberost (Entwirrer)*.

Diese fünf Bereiche teilen sich wiederum auf in elf Baugruppen.

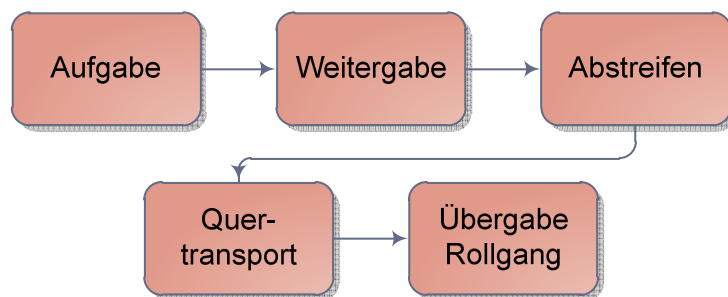


Abbildung 22: Bereichsübersicht Knüppelaufgaberost (Entwirrer)

Bereichseinteilung

- Bereich 1 – Aufgabe
 - Kran
 - Baugruppe 1 – fester Aufgaberost
- Bereich 2 – Weitergabe
 - Baugruppe 1 – fester Aufgaberost
 - Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen
 - Baugruppe 3 – Abstreiferwagen
- Bereich 3 – Abstreifen
 - Baugruppe 3 – Abstreiferwagen
 - Baugruppe 4 – Abstreifer
 - Baugruppe 5 – Fixe Hubeinheit
- Bereich 4 – Quertransport
 - Baugruppe 5 – Fixe Hubeinheit
 - Baugruppe 6 – Schiene
 - Baugruppe 7 – Klinkenwagen 1
 - Baugruppe 8 – Klinkenwagen 2
 - Baugruppe 9 – Klinkenwagen 3
 - Baugruppe 10 – Klinkenwagen 4
- Bereich 5 – Übergaberollgang
 - Baugruppe 10 – Klinkenwagen 4
 - Baugruppe 11 – Übergabeeinheit
 - Rollgang

In u.a. Tabelle werden diese Baugruppen mit ihrer farblichen Hinterlegung für die nachfolgenden Abbildungen aufgezählt.

Tabelle 6: Farbeinteilung der Baugruppen

Baugruppe	Name der Baugruppe	Farbe der Baugruppe
1	Fester Aufgaberost	
2	Verfahrbarer Wagen	
3	Abstreiferwagen	
4	Abstreifer	
5	Fixe Hubeinheit	
6	Schiene	
7	Klinkenwagen 1	
8	Klinkenwagen 2	
9	Klinkenwagen 3	
10	Klinkenwagen 4	
11	Übergabeeinheit	

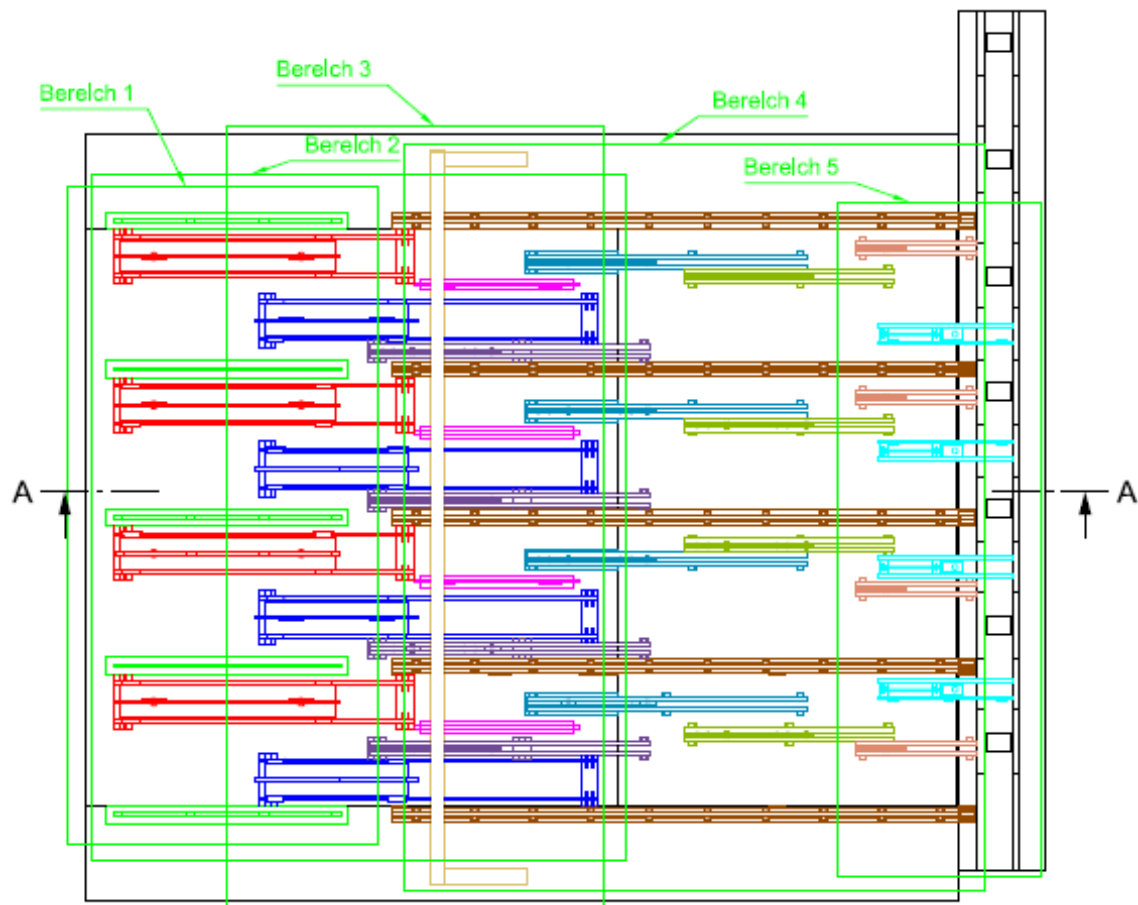


Abbildung 23: Draufsicht; mit Übersicht der Bereiche

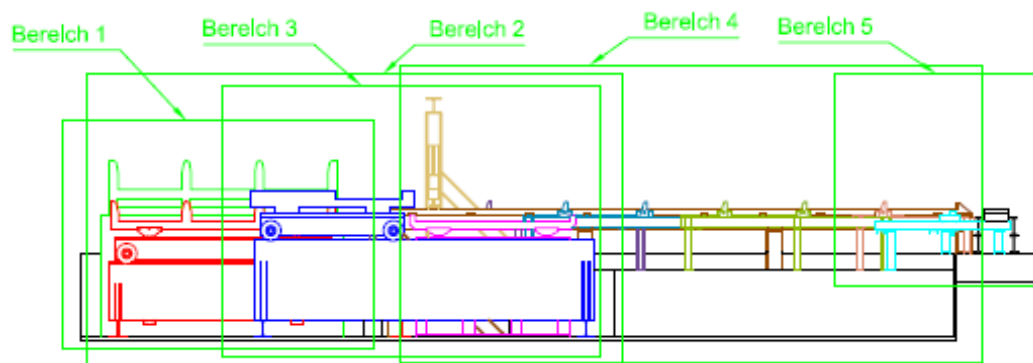


Abbildung 24: Schnitt A-A; mit Übersicht der Bereiche

In nachfolgendem Kapitel, siehe *Kapitel 7 Baugruppenbeschreibung*, werde ich nun auf die einzelnen Baugruppen eingehen. Erst nach der genauen Beschreibung dieser, werde ich die Arbeitsweise der einzelnen Baugruppen beschreiben, siehe *Kapitel 8 Detail der Bereiche 1 – 5*.

7 Baugruppenbeschreibung

7.1 Baugruppe 1 – fester Aufgaberost

Die Baugruppe 1 gliedert sich in zwei Positionen.

Die beiden Positionen werden aus einer Blechplatte mit den Abmessungen 50x950x3900mm mittels Brennschnitt gefertigt. Die genauen Fertigungsmaße sind in *Abbildung 25: BG1; Vorderansicht und Seitenansicht der Position 1* und in *Abbildung 26: BG1; Vorderansicht und Seitenansicht der Position 2* ersichtlich.

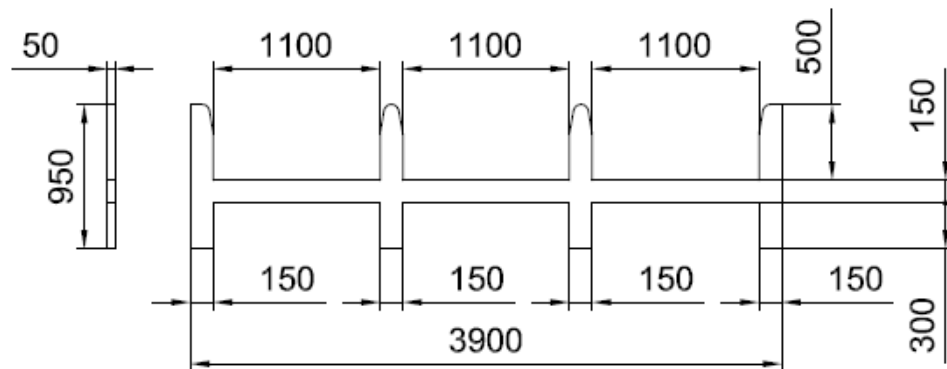


Abbildung 25: BG1; Vorderansicht und Seitenansicht der Position 1

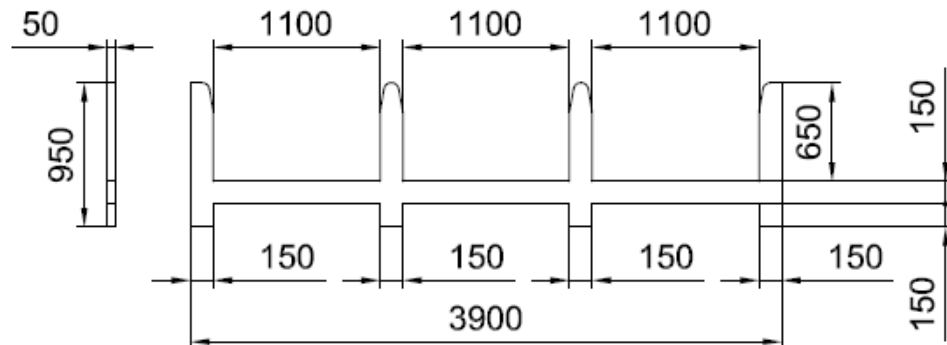


Abbildung 26: BG1; Vorderansicht und Seitenansicht der Position 2

Die beiden unterschiedlichen Ausführungen ergeben sich aus der Verwendung.

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von dieser Baugruppen fünf Stück.

Bei den drei mittleren Ausführungen liegen die Knüppel voll auf → Position 1.

Die beiden äußersten Ausführung, liegen die Knüppel nicht auf, hier gibt es nur eine seitliche Führung der Knüppel, damit der Kranfahrer die Ladung mittig ablegen kann → Position 2.

Alle fünf Ausführungen werden auf Bodenplatte angeschweißt und mit Hilfe von Ankerschrauben M30 auf dem Boden fixiert.

7.2 Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von dieser Baugruppe vier Stück.

Die Baugruppe 2 setzt sich aus zwei Positionen zusammen. Zum einen aus der Fahrbahn, und zum anderen aus dem Hubwagen.

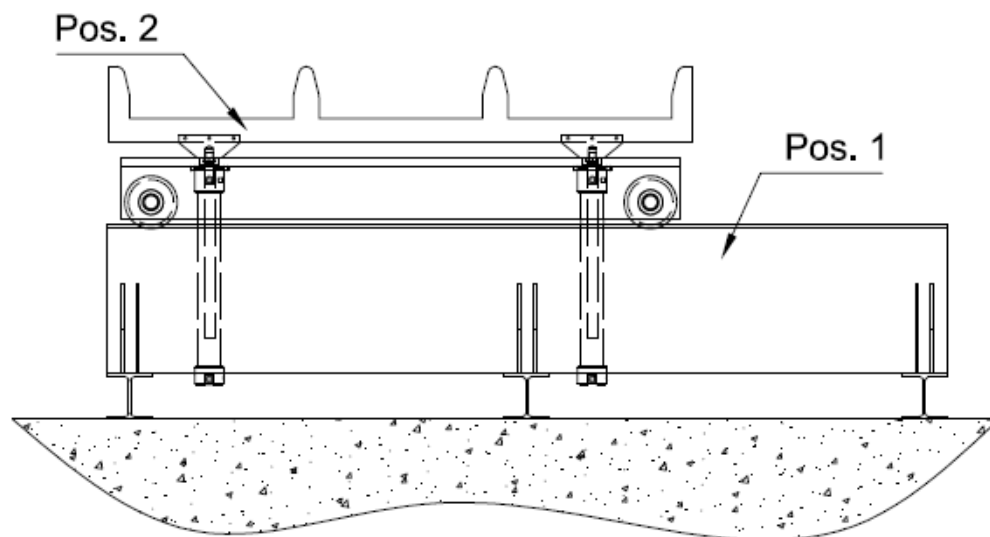


Abbildung 27: Baugruppe 2, Positionsübersicht

7.2.1 Position 1 – Fahrbahn

Die Fahrbahn selbst besteht aus einem Flachstahl 20x50x5550mm, gefertigt aus dem Material C45 gegläht. Diese Fahrbahn wird mit Hilfe von Spannhülsen mit einem Durchmesser von 12mm mit dem Unterteil verbunden.

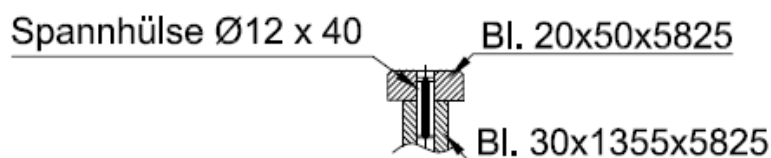


Abbildung 28: BG2; Detail Befestigung der Fahrbahn

Der Unterteil der Fahrbahn besteht aus einem Blech 30x963x5550mm. Dieses Blech wird auf drei Stück IPB300x940mm angeschweißt. Ein IPB-Träger links des Bleches, einer rechts davon und der dritte in der Mitte des Bleches. Der IPB-Träger wird quer zur Fahr-

richtung angelegt und mit Hilfe von Ankerschrauben auf dem Boden fixiert. Um die seitliche Stabilität des Bleches zu gewährleisten, werden an der Innenseite und der Außenseite des Bleches Knotenbleche angeschweißt. Die Knotenbleche an der Innenseite haben die Abmaße 20x110x450mm, an der Außenseite 20x120x600mm.

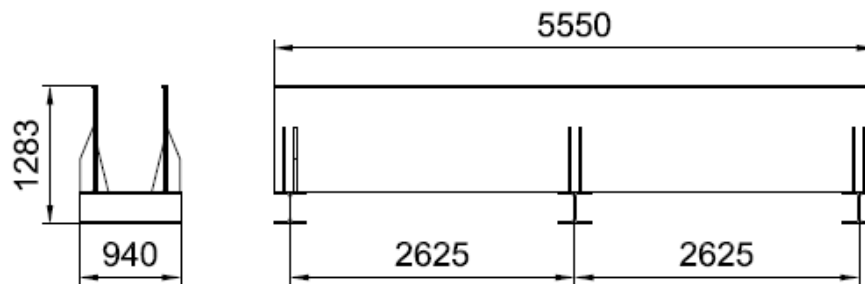


Abbildung 29: BG2; Position 1, Vorderansicht und Seitenansicht

7.2.2 Position 2 – Hubwagen

Der Hubwagen selbst besitzt eine Gesamtlänge von 3700mm, eine Höhe von 440mm von der Fahrbahn weg gemessen und eine Gesamtbreite von 770mm. Gefertigt wird der Korpus aus Blechen des Materials S235. Die Antriebsräder werden aus dem Material S355 gefertigt.

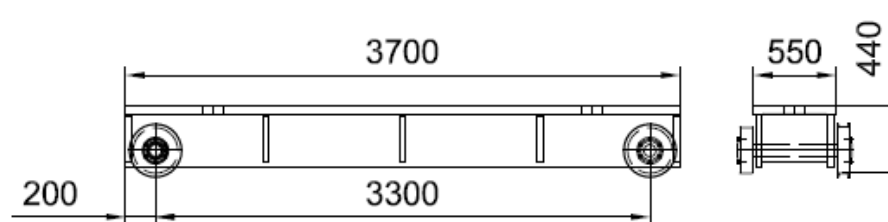
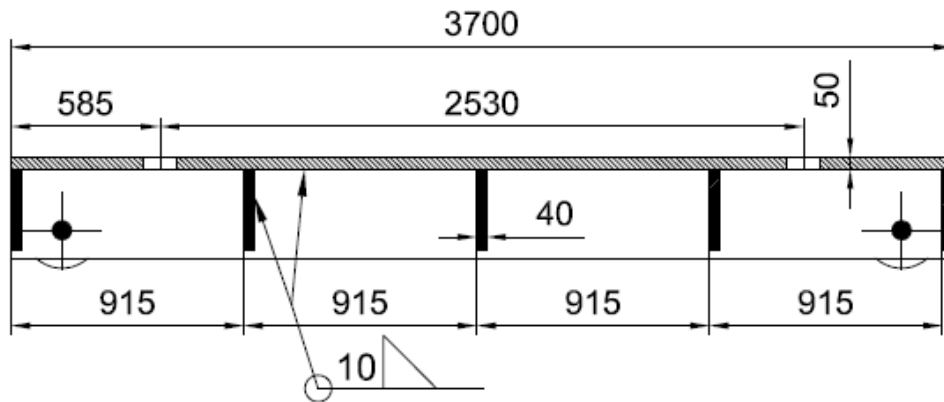


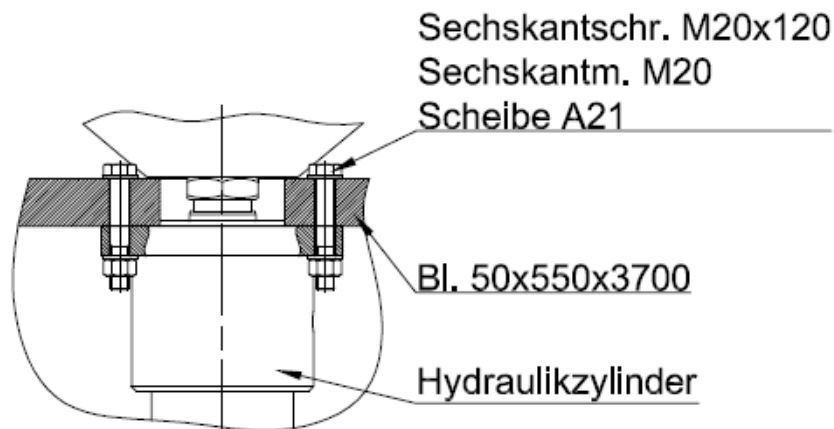
Abbildung 30: BG2; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht, Darstellung ohne Hydraulikzylinder

Der Korpus selbst besteht aus einem Oberblech, zwei Seitenblechen und aus fünf Stegblechen. Es ist dies eine reine Schweißkonstruktion.

Das obere Blech hat das Abmaß 50x550x3700mm. Die beiden Seitenbleche haben das Abmaß 40x350x3700mm und die fünf Stegbleche haben das Abmaß 40x320x440mm.



Das oben aufliegende Blech besitzt zwei Ausnehmungen für die beiden Hydraulikzylinder, darüber hinaus werden jeweils vier Bohrungen angebracht um den Hydraulikzylinder zu montieren. Das Bohrbild für den Zylinder ist vom Zylinderhersteller vorgegeben und wird lediglich auf das Blech übertragen.



Auch die beiden Seitenbleche haben jeweils zwei Ausnehmungen. Diese Ausnehmungen dienen der Welle, auf denen die Räder montiert sind. Die Räder besitzen eine Breite von 80mm. Rechts befinden sich die beiden Räder mit der Spurführung, diese haben einen Außendurchmesser von 350mm. Die Lauffläche selbst hat einen Durchmesser von 300mm mit der Toleranz h11; D.h. +0, -320µm.

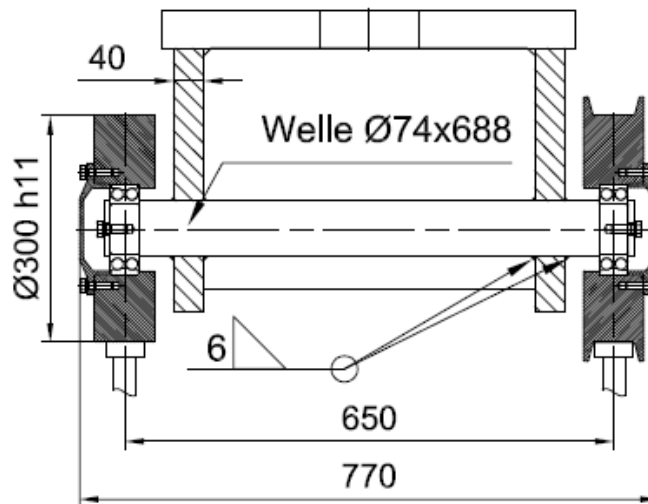


Abbildung 33: BG2; Detail Radaufhängung

Wie in *Abbildung 34: BG2; Detail Rad* ersichtlich, dient als Lager ein zweireihiges Schräggugellager. Es wurde hier ein Schräggugellager der Firma FAG gewählt. Die Abmessungen des Lagers gibt der Hersteller vor.

Auf der Innenseite des Lagers dienen als Anschluss einerseits das Rad und andererseits die Welle selbst. Auf der Außenseite dienen als Anschluss der Deckel und eine Scheibe. Der Deckel wird mit 6 Stück M10x35mm Sechskantschrauben mit dazu passendem Federring auf dem Rad befestigt. Die Scheibe wird mit einer M12x30mm Sechskantschraube mit dazu passendem Federring auf der Welle befestigt.

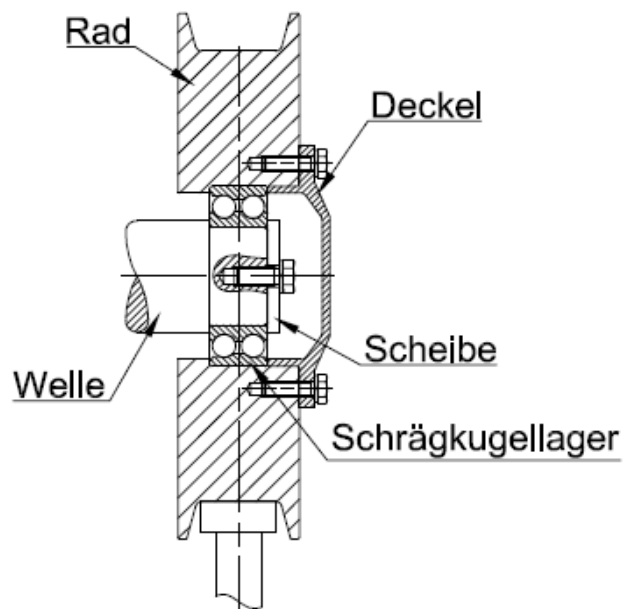


Abbildung 34: BG2; Detail Rad

Wie schon erwähnt, werden die beiden Hydraulikzylinder auf das obere Blech angeschraubt. Für diesen Hubwagen wurde ein Rexroth-Hydraulikzylinder gewählt, die techni-

schen Daten sind der *Tabelle 7: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 2* zu entnehmen.

Um das Führungsblech mit dem Hydraulikzylinder zu verbinden wurde ein Zwischenstück konstruiert. Dieses Zwischenstück besitzt die Abmaße 70x150x400mm.

Auf der Unterseite befindet sich ein Gewindesackloch für ein metrisches Feingewinde M48x2. In dieses Feingewinde wird der Hydraulikzylinder geschraubt. Gegengesichert wird der Hydraulikzylinder mit einer Sechskanutmutter M48x2 nach der DIN439.

Auf der Oberseite wird in die Ausnehmung das Führungsblech gesteckt und mit drei Stück Sechskantschrauben M16x60mm, drei Stück Sechskanmuttern M16 und den dazu passenden Scheiben befestigt.

Das Zwischenstück wird aus dem Material S235JR gefertigt.

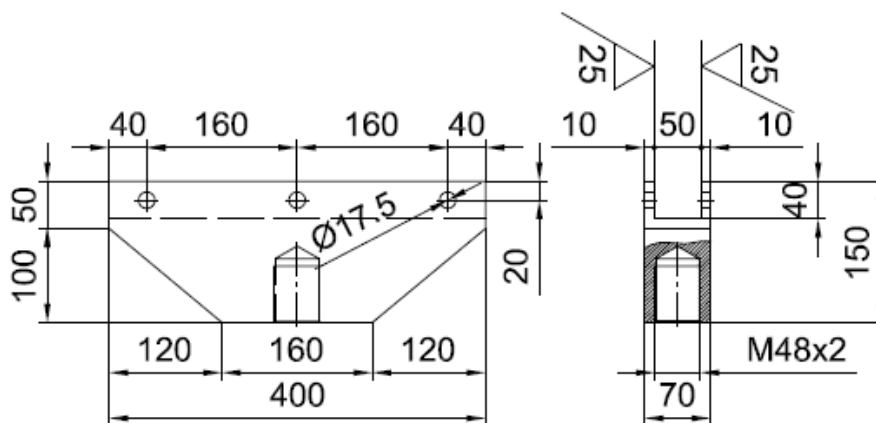


Abbildung 35: BG2; Zwischenstück

Das Führungsblech selbst besitzt die Abmaße 50x492x3850mm. Um die drei Knüppel-Pakete lagerrichtig zu positionieren, dienen die drei Ausnehmungen mit den Längen 1080mm.

Das Führungsblech wird aus dem Material S235 gefertigt.

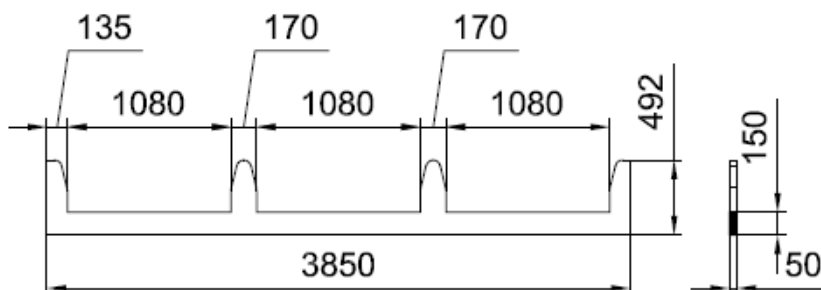


Abbildung 36: BG2; Führungsblech

Nachfolgend noch die Tabelle mit den technischen Daten für die beiden Hydraulikzylinder.

Tabelle 7: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 2

Wirkungsweise:	Differentialzylinder
Befestigungsart:	Rechteckflansch am Kopf
Systemdruck:	120bar
Druckkraft:	100kN
Hublänge:	1140mm
Einbauwinkel:	90°
Kolbendurchmesser:	125mm
Kolbenstangendurchmesser:	70mm
Kolbenstangenende:	Gewinde nach ISO 6020/1 M48x2

7.3 Baugruppe 3 – Abstreiferwagen

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von dieser Baugruppe vier Stück.

Auch die Baugruppe 3 setzt sich aus zwei Positionen zusammen. Zum einen aus der Fahrbahn und zum anderen aus dem Wagen.

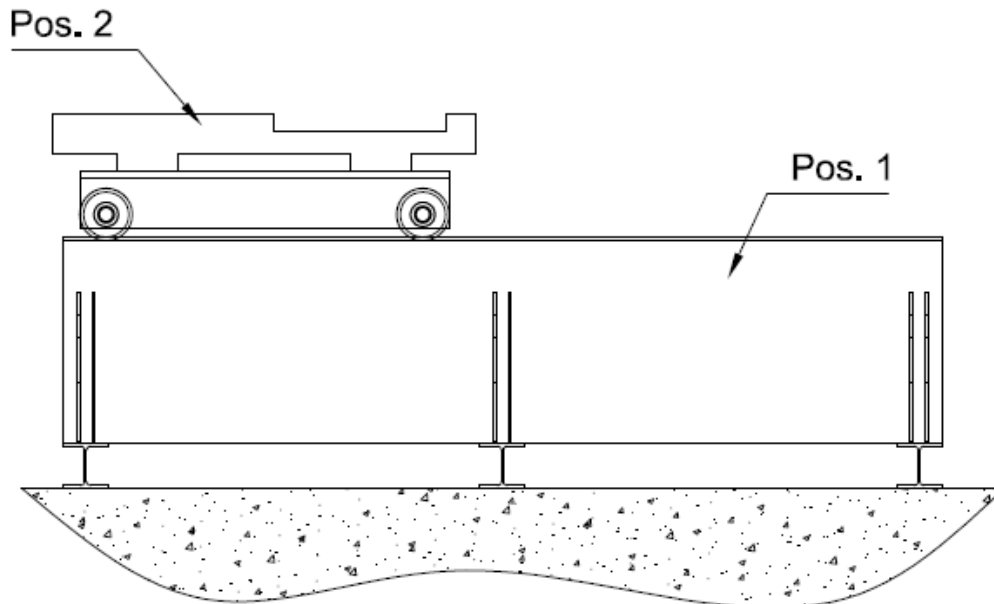


Abbildung 37: Baugruppe 3, Positionsübersicht

7.3.1 Position 1 – Fahrbahn

Die Fahrbahn selbst besteht aus einem Flachstahl 20x50x5825mm, gefertigt aus dem Material C45 gegläht. Diese Fahrbahn wird mit Hilfe von Spannstiften mit einem Durchmesser von 12mm mit dem Unterteil verbunden.

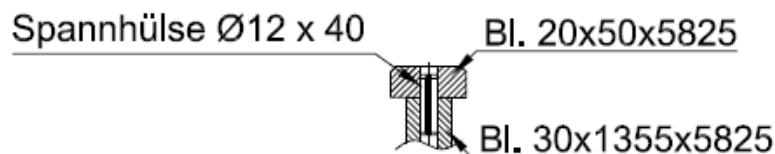


Abbildung 38: BG3; Detail Befestigung der Fahrbahn

Der Unterteil der Fahrbahn besteht aus einem Blech 30x1355x5825mm. Dieses Blech wird auf drei Stück IPB300 angeschweißt. Ein IPB300 links des Bleches, eines rechts davon und das dritte in der Mitte des Bleches. Der IPB-Träger wird quer zur Fahrtrichtung angelegt und mit Hilfe von Ankerschrauben auf dem Boden fixiert. Um die seitlich Stabilität des Bleches zu gewährleisten, werden an der Innenseite und der Außenseite des Bleches Knotenbleche angeschweißt. Die Knotenbleche an der Innenseite haben die Abmasse 20x120x860mm, an der Außenseite 20x120x1010mm.

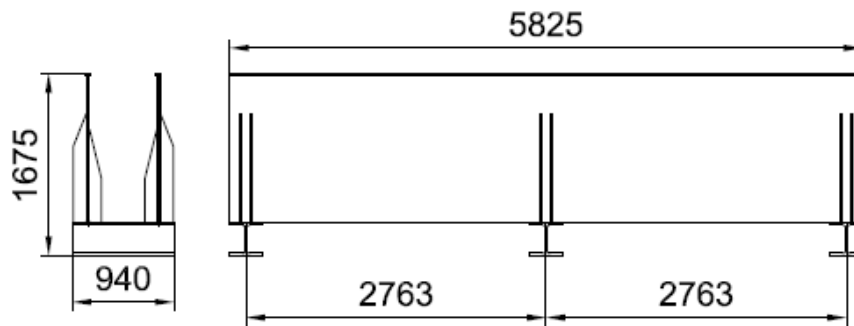


Abbildung 39: BG3; Position 1, Vorderansicht und Seitenansicht

7.3.2 Position 2 – Wagen

Der Wagen selbst besitzt eine Gesamtlänge von 2450mm, eine Höhe von der Fahrbahn gemessen von 440mm und eine Gesamtbreite von 770mm. Gefertigt wird der Korpus aus Blechen mit dem Material S235. Die Antriebsräder werden aus dem Material S355 gefertigt.

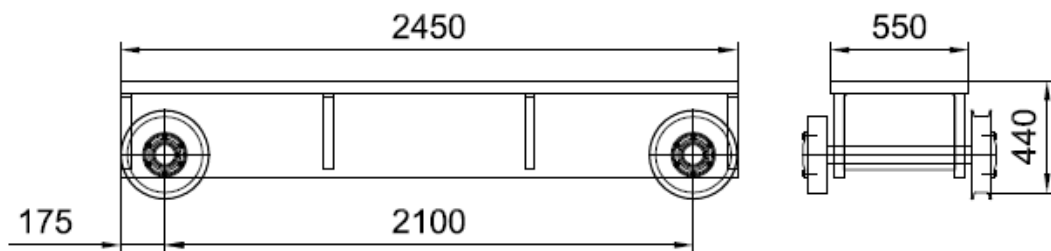


Abbildung 40: BG3; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht

Der Korpus selbst besteht aus einem Oberblech, zwei Seitenblechen und aus fünf Stegblechen. Es ist eine reine Schweißkonstruktion.

Das obere Blech hat das Abmaß 50x550x2450mm. Die beiden Seitenbleche haben das Abmaß 40x330x2450mm und die vier Stegbleche haben das Abmaß 40x300x440mm.

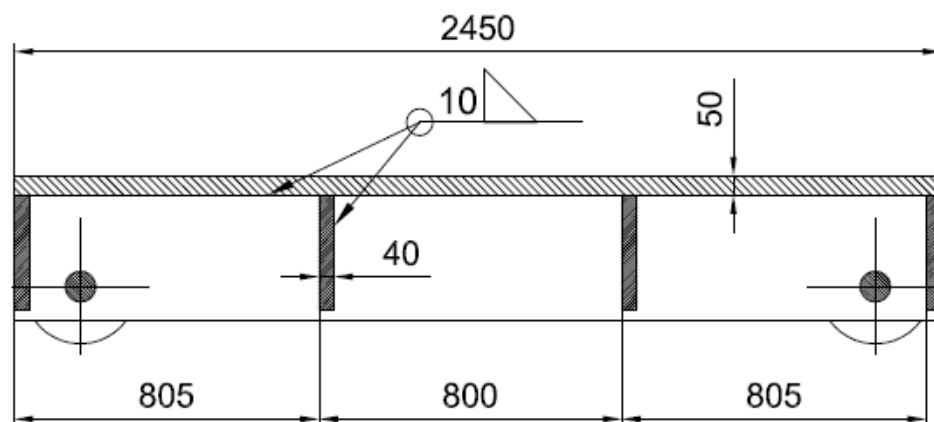


Abbildung 41: BG3; Korpus des Hubwagens

Die beiden Seitenbleche haben jeweils zwei Ausnehmungen. Diese Ausnehmungen sind für die Welle auf denen die Räder montiert sind. Die Räder besitzen eine Breite von 80mm. Rechts befinden sich die beiden Räder mit der Spurführung, diese haben einen Außendurchmesser von 350mm. Die Lauffläche selbst hat einen Durchmesser von 300mm mit der Toleranz h11; D.h. +0, -320µm.

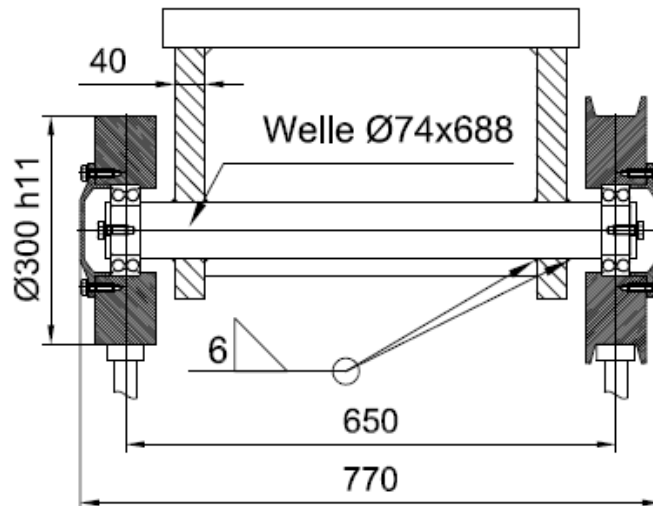


Abbildung 42: BG3; Detail Radaufhängung

Wie in *Abbildung 43: BG3; Detail Rad* ersichtlich, dient als Lager ein zweireihiges Schrägkugellager. Es wurde hier ein Schrägkugellager der Firma FAG gewählt. Die Abmessungen des Lagers gibt der Hersteller vor.

Auf der Innenseite des Lagers dienen als Anschluss einerseits das Rad und andererseits die Welle selbst. Auf der Außenseite dienen als Anschluss der Deckel und eine Scheibe. Der Deckel wird mit 6 Stück M10x35mm Sechskantschrauben mit dazu passendem Federring auf dem Rad befestigt. Die Scheibe wird mit einer M12x30mm Sechskantschraube mit dazu passendem Federring auf der Welle befestigt.

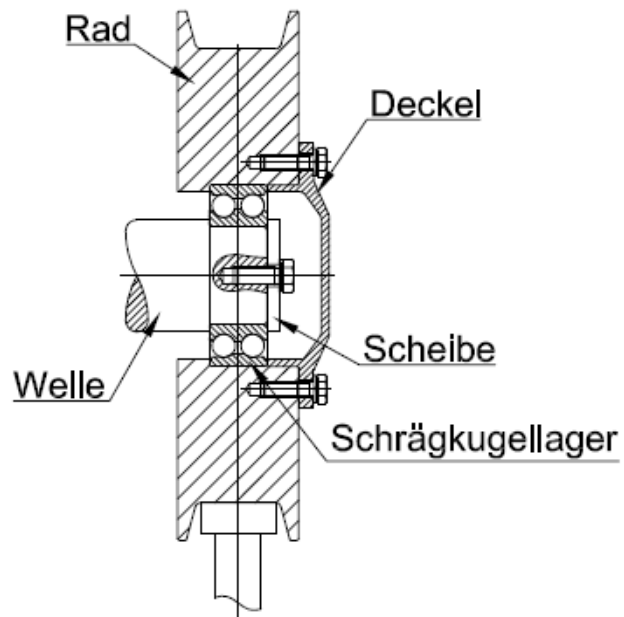


Abbildung 43: BG3; Detail Rad

Das Führungsblech besitzt die Abmaße 50x380x2800mm. In die Ausnehmungen an der Oberseite mit den Abmessungen 120x1140mm wird ein Paket abgelegt.

Die Unterseite wird mittels einer Schweißnaht $a=20\text{mm}$ mit dem Wagen verbunden, jeweils auf eine Länge von 400mm.

Das Führungsblech wird aus dem Material S235 gefertigt.

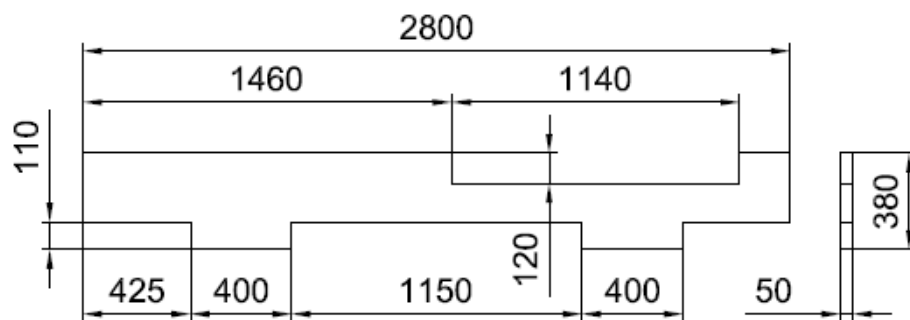


Abbildung 44: BG3; Führungsblech

7.4 Baugruppe 4 – Abstreifer

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von dieser Baugruppe ein Stück.

Der Abstreifer selbst sind zwei zu einer Schachtel verschweißte U260 mit einer Länge von 12500mm. Um die Durchbiegung auf dieser Länge zu verhindern, wird die Einheit überspannt. Die Überspannung wird mit Blechen mit einer Stärke von 10mm ausgeführt.

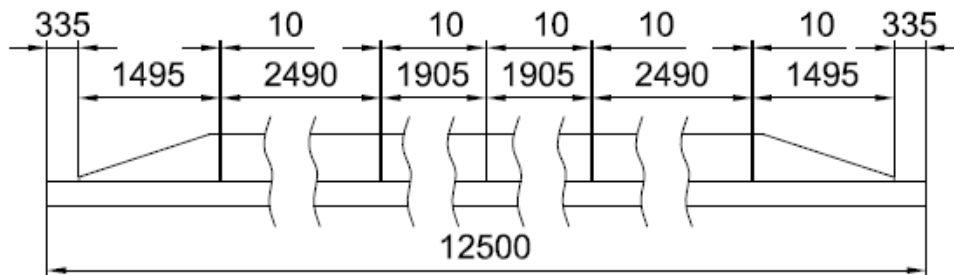


Abbildung 45: BG4; Vorderansicht

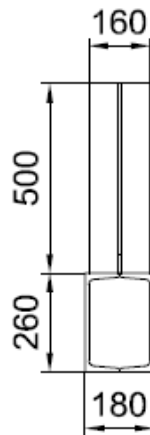


Abbildung 46: BG4; Seitenansicht

Zur Führung dieser Einheit dienen links und rechts Bleche, die zu einem U geformt zusammengeschweißt werden. Die gesamte Baugruppe wird auf Platten mit den Abmessungen 10x320x450mm bzw. 10x270x400mm geschweißt und mit Ankerschrauben M30 im Fundament verankert.

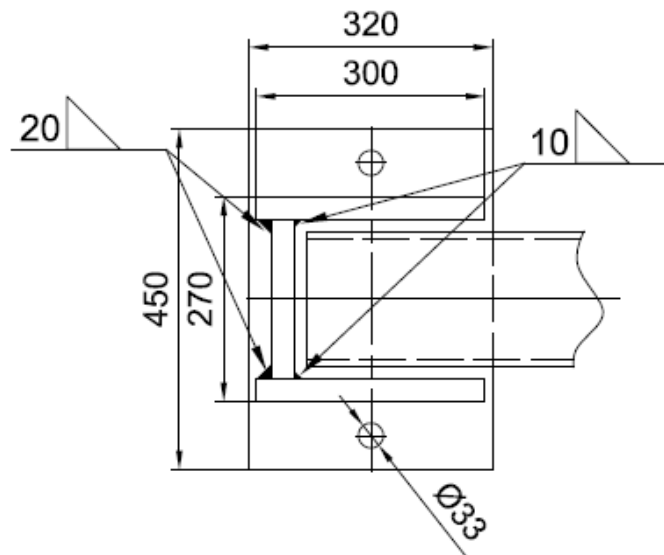


Abbildung 47: BG4; Befestigung der Blechplatten

Obenauf wird ein IPB260 mit einer Länge von 12580mm aufgeschweißt.

In den, zu einem U geformten Blechen, wird die Halterung für den Hydraulikzylinder eingeschweißt. Diese Halterung besteht aus einer Blechplatte mit den Abmessungen 30x210x250mm. In dieses Blech werden die Ausnehmungen für den Hydraulikzylinder angebracht, dazu werden jeweils vier Bohrungen angebracht um den Hydraulikzylinder zu montieren. Das Bohrbild für diesen Hydraulikzylinder ist vom Zylinderhersteller vorgegeben und wird auf das Blech übertragen.

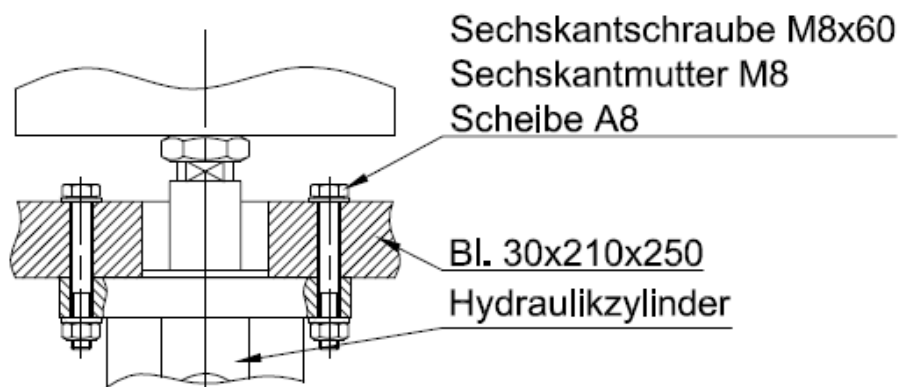


Abbildung 48: BG4; Detail Befestigung Hydraulikzylinder

Um den Abstreifer mit dem Hydraulikzylinder zu verbinden, wurde ein Zwischenstück konstruiert. Dieses Zwischenstück besitzt die Abmaße 100x150x150mm.

Auf der Unterseite befindet sich ein Gewindesackloch für ein metrisches ISO-Feingewinde M20x1,5. In dieses Feingewinde wird der Hydraulikzylinder geschraubt. Gegengesichert wird der Hydraulikzylinder mit einer Sechskantmutter M20x1,5 nach der DIN439.

Die Oberseite wird an den Abstreifer angeschweißt.

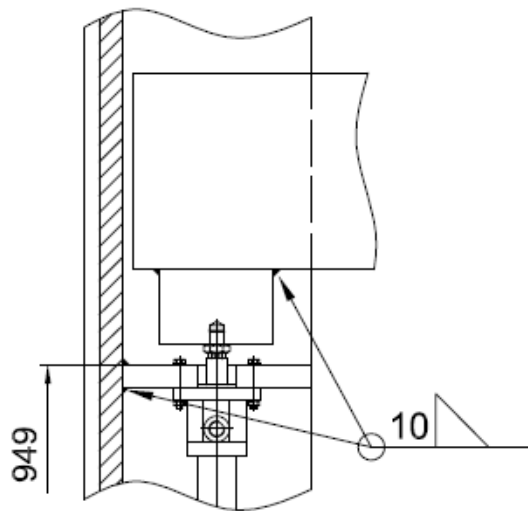


Abbildung 49: BG4; Detail Zwischenstück

Um die seitliche Stabilität entgegen der Druckkraft des Abstreifers zu gewährleisten, dient ein IPB260 mit einer Länge von 1964mm. Dieser wird in einem Winkel von 45° angeschweißt.

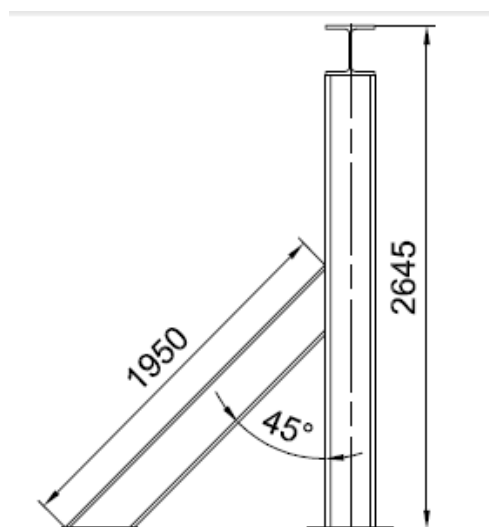


Abbildung 50: BG4; seitliche Stabilisierung

Für diese Baugruppe wurde ein Hydraulikzylinder der Firma Rexroth gewählt. Die technischen Daten sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 8: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 4

Wirkungsweise:	Differentialzylinder
Befestigungsart:	Rechteckflansch am Kopf
Systemdruck:	120bar
Druckkraft:	10kN
Hublänge:	400mm
Einbauwinkel:	90°
Kolbendurchmesser:	40mm
Kolbenstangendurchmesser:	28mm
Kolbenstangenende:	Gewinde nach ISO 6020/1 M20x1,5

7.5 Baugruppe 5 – fixe Hubeinheit

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von dieser Baugruppe vier Stück.

Die Baugruppe 5 ist eine reine Hubeinheit.

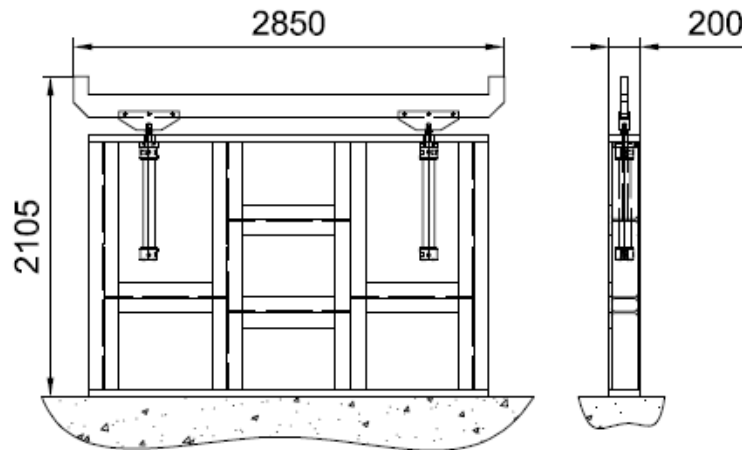


Abbildung 51: BG5; Vorderansicht und Seitenansicht

Der Grundrahmen wird aus IPB gefertigt.

Als Stützen dienen vier IPB200 mit einer Länge von 1620mm.

Als Querverbinder zwischen den IPB200-Stützen dienen IPB200-Träger, diese weisen eine Länge von 806mm auf. Der Ober- und Untergurt dieser Träger wird auf die lichte Weite zugeschnitten.

Als Abschluss am oberen und am unteren Ende dienen Bleche mit den Abmessungen 50x200x2645mm.

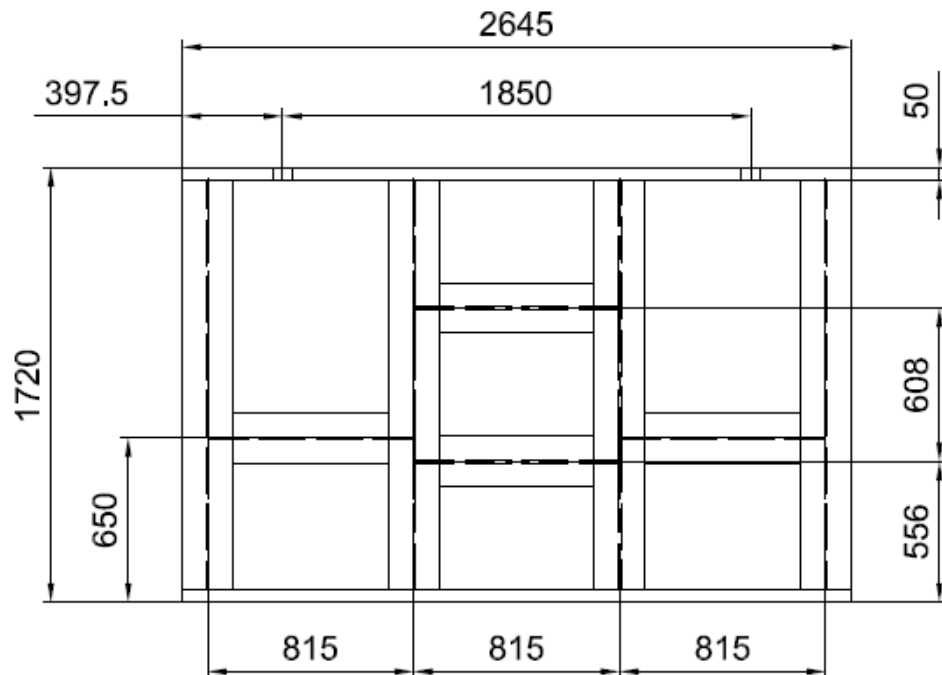


Abbildung 52: BG5; Grundrahmen

Das untere Blech wird mit Ankerschrauben M30 in das Fundament verankert.

In das obere Blech werden die beiden Ausnehmungen für den Hydraulikzylinder angebracht. Zudem werden jeweils vier Bohrungen angebracht, um den Hydraulikzylinder zu montieren. Das Bohrbild für diesen Hydraulikzylinder ist vom Zylinderhersteller vorgegeben und wird auf das Blech übertragen.

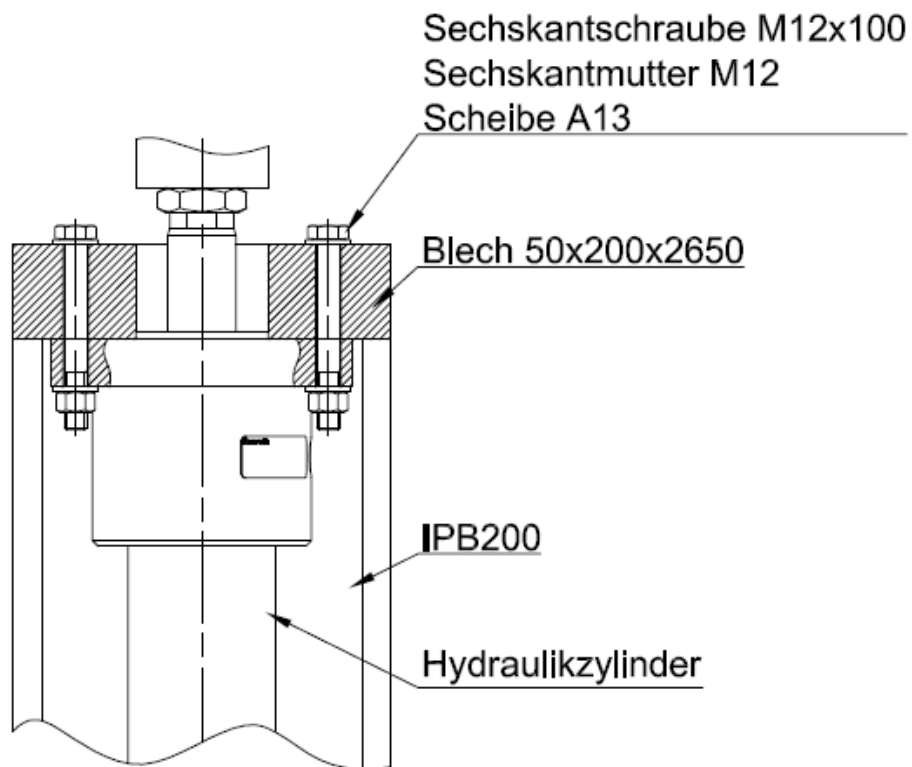


Abbildung 53: BG5; Detail Befestigung Hydraulikzylinder

Um die Auflagefläche für die Knüppel mit dem Wagen zu verbinden wurde ein Zwischenstück konstruiert. Dieses Zwischenstück besitzt die Abmaße 70x125x400mm.

Auf der Unterseite befindet sich ein Gewindesackloch für ein metrisches ISO-Feingewinde M27x2. In dieses Feingewinde wird der Hydraulikzylinder geschraubt. Gegengesichert wird der Hydraulikzylinder mit einer Sechskantmutter M27x2 nach der DIN439.

Auf der Oberseite wird in die Ausnehmung das Führungsblech gesteckt und mit drei Stück Sechskantschrauben M16x60mm, drei Stück Sechskantmuttern M16 und den dazu passenden Scheiben befestigt.

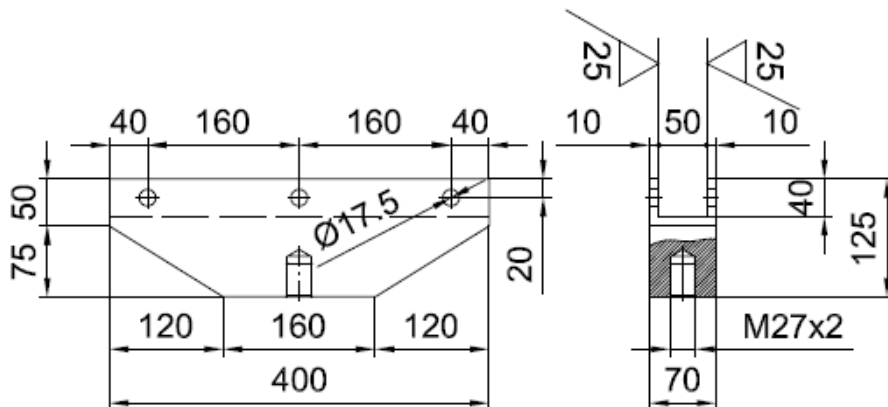


Abbildung 54: BG5; Detail Zwischenstück

Als Auflagefläche für die Knüppel dient ein Blech mit den Abmessungen 50x270x2850mm.

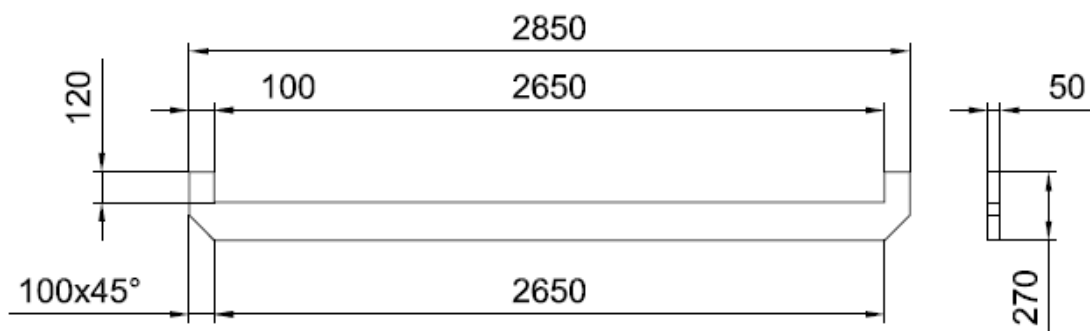


Abbildung 55: BG5; Detail Auflageblech

Die gesamte Baugruppe wird aus dem Material S235 gefertigt.

Für diese Baugruppe wurde ein Hydraulikzylinder der Firma Rexroth gewählt. Die technischen Daten sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 9: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 5

Wirkungsweise:	Differentialzylinder
Befestigungsart:	Rechteckflansch am Kopf
Systemdruck:	120bar
Druckkraft:	32kN
Hublänge:	560mm
Einbauwinkel:	90°
Kolbendurchmesser:	63mm
Kolbenstangendurchmesser:	36mm
Kolbenstangenende:	Gewinde nach ISO 6020/1 M27x2

7.6 Baugruppe 6 – Schiene

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von dieser Baugruppe fünf Stück. Die Baugruppe 6 selbst setzt sich aus mehreren Positionen zusammen.

Als Gleitfläche für die Knüppel dient eine Schiene S30. Diese wird über Schienenklemmen mit zwei Sechskantschrauben M16x55mm und zwei Sechskantmuttern M16 auf einen IPB-Träger geschraubt.

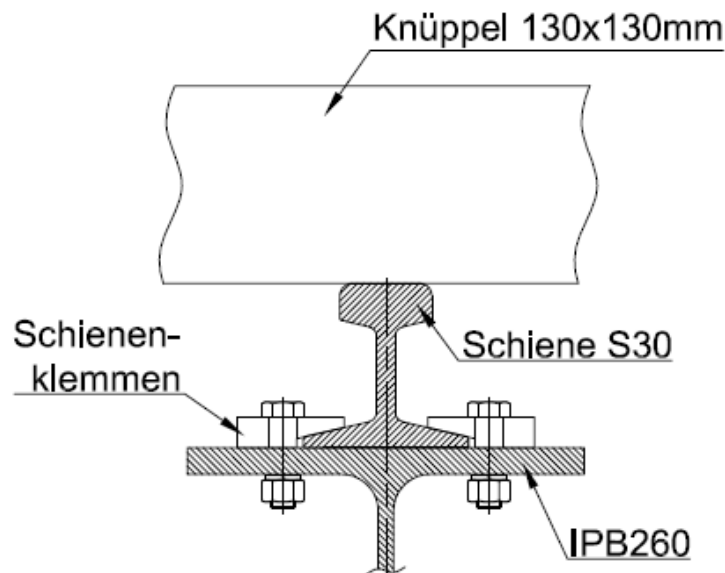


Abbildung 56: BG6; Detail Schienenbefestigung

Die Schienenklemme besteht aus einem Blech mit den Abmessungen 20x70x120mm, gefertigt aus dem Material S235.

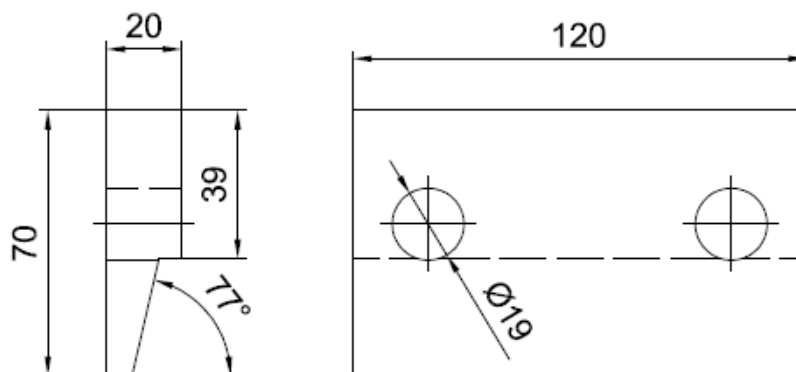


Abbildung 57: BG6; Detail Schienenklemme

Als Anschlag für die Knüppel am Ende der Schiene dient ein so genannter Puffer. Dieser Puffer ist eine reine Schweißkonstruktion bestehend aus vier Blechen.

Die Abmaße der Bleche ist wie folgt: Eine Bodenplatte Bl. 20x180x260mm, zwei Stegbleche Bl. 15x185x250mm und eine Platte, die als Anschlag dient Bl. 20x110x110mm.

Baugruppenbeschreibung



Bei den beiden äußeren IPB-Träger sind die IPB-Stützen kürzer ausgeführt, da in diesem Bereich das Fundament höher liegt als bei den drei inneren IPB-Trägern.

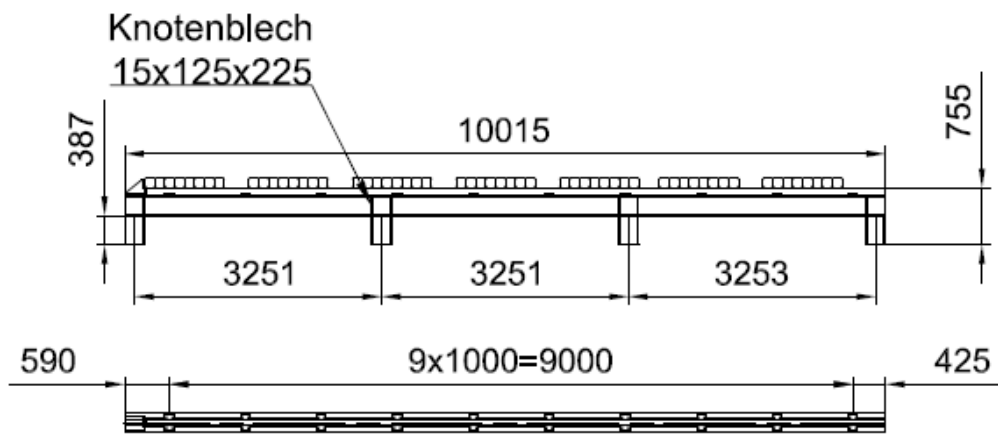


Abbildung 60: BG6; Vorderansicht und Draufsicht, äußere Ausführung

7.7 Baugruppe 7, 8 & 9 – Klinkenwagen 1, 2 & 3

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von jeder Baugruppe vier Stück.

Die Baugruppen 7 bis 9 besitzen die gleiche Bauart, sie unterscheiden sich lediglich in den Längen.

Es wird unterschieden zwischen der Fahrbahn, Position 1, und dem Wagen, Position 2.

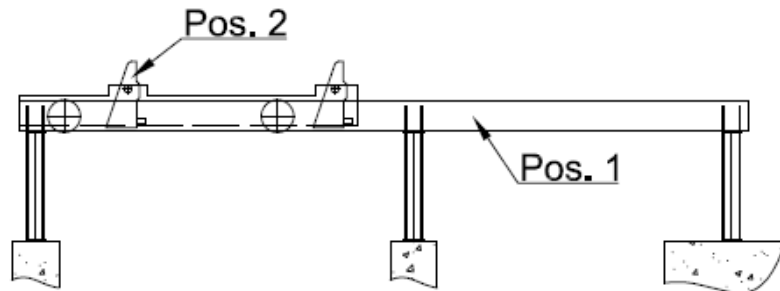


Abbildung 61: Baugruppe 7, Positionsübersicht

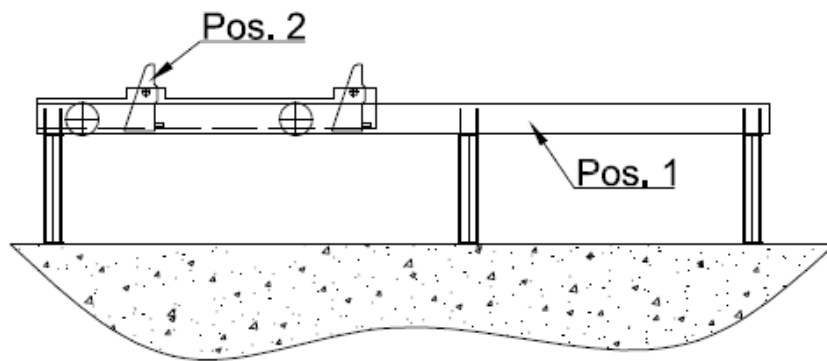


Abbildung 62: Baugruppe 8, Positionsübersicht

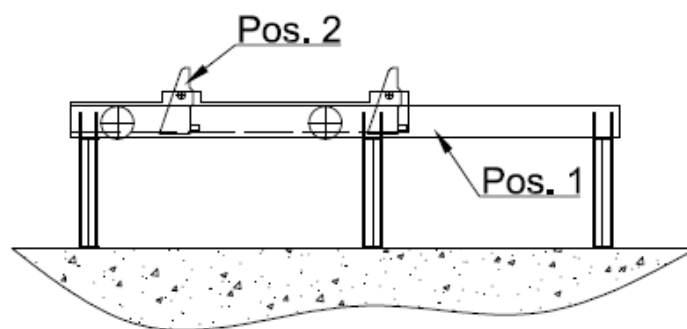


Abbildung 63: Baugruppe 9, Positionsübersicht

7.7.1 Position 1 – Fahrbahn

Der Klinkenwagen, Position 2, läuft in zwei U200-Trägern, als Lauffläche dient die Innenseite des U-Trägers.

Montiert werden die beiden U200-Träger auf IPB120-Stützen. Die IPB120-Stützen weisen für alle drei Baugruppen die gleiche Länge auf. Mit den beiden Abschlussblechen kommt man auf eine Gesamtlänge von 729mm.

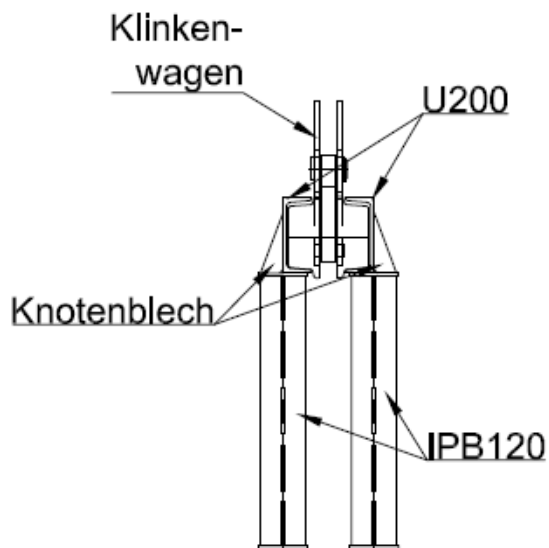


Abbildung 64: BG 7, 8 und 9; Position 1, Seitenansicht

Das obere Abschlussblech dient als Auflagefläche für den U200-Träger. Das untere Abschlussblech dient zum Verankern in den Boden. Die Stützen werden mit jeweils zwei Ankerschrauben M20 in das Fundament verankert.

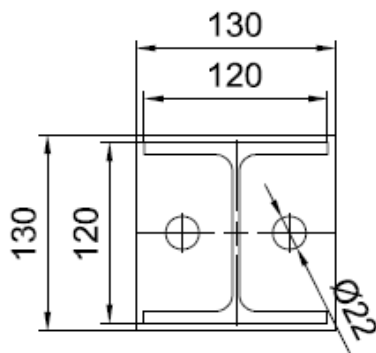


Abbildung 65: BG7, 8 und 9; Detail Verankerung

Um dem U200-Träger die seitliche Stabilität zu geben, werden an der Außenseite des U200-Trägers und an das obere Abschlussblech der IPB120-Stützen, Knotenbleche angeschweißt. Die Knotenbleche haben die Abmasse 10x60x160mm. Diese Knotenbleche werden jeweils dort angeschweißt, wo die IPB120-Stützen auf die U200-Träger treffen.

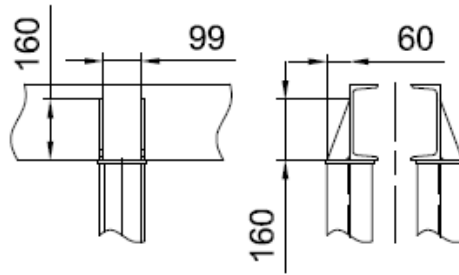


Abbildung 66: BG7, 8 und 9; Detail Knotenbleche

Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass sich zwei U200-Träger eine IPB120-Stützen teilen. Nämlich dann, wenn zwei Baugruppen direkt nebeneinander verlaufen.

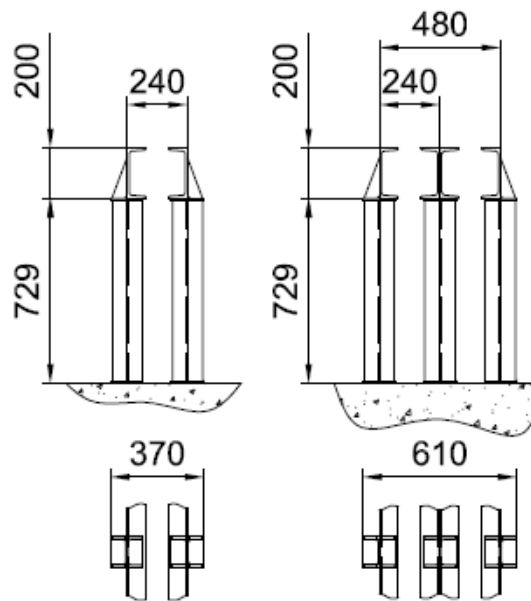


Abbildung 67: BG7, 8 und 9; Vergleich Montage eine Baugruppe und zwei Baugruppen

Die gesamte Fahrbahnkonstruktion ist aus dem Material S235 gefertigt.

Die Längen der drei Baugruppen ergeben sich wie folgt: Die Baugruppe 7 besitzt eine Gesamtlänge von 4806mm, die Baugruppe 8 von 4815mm und die Baugruppe 9 von 3595mm.

7.7.2 Position 2 – Klinkenwagen

Der Klinkenwagen selbst besitzt für alle drei Baugruppen eine Gesamtlänge von 2230mm, eine Gesamthöhe von 467,5mm und eine Gesamtbreite von 210mm.

Der Klinkenwagen besteht aus vier Baueinheiten.

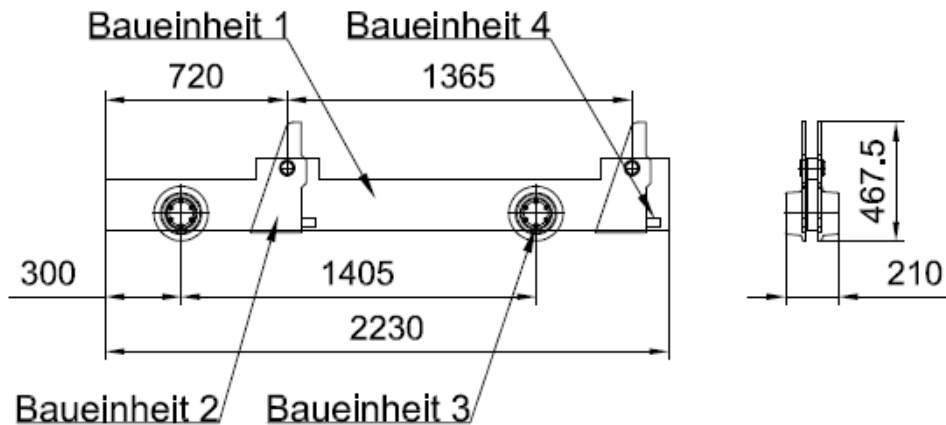


Abbildung 68: BG7, 8 und 9; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht

Die Baueinheit 1 ist ein Blech, auf dem die anderen Baueinheiten montiert werden. Es besitzt die Abmessungen 40x200x2230mm. In diesem Blech sind vier Bohrungen. Zwei Bohrungen dienen zur Aufnahme der Bolzen für die Klinken, die anderen beiden Bohrungen dienen zur Aufnahme der Wellen für die Räder. Gefertigt wird diese Baueinheit aus dem Material S235.

Die Baueinheit 2 sind die sogenannten Klinken. Diese werden aus Blech gefertigt mit den Abmessungen 15x220x435mm. Für einen Wagen werden vier Klinken benötigt. Gefertigt wird dieses Blech aus dem Material S355. Die Montage der Klinken erfolgt über einen Bolzen mit dem Durchmesser 60mm und eine Länge von 98mm, gefertigt aus dem Material S355. Auf dem Bolzen dient zur Sicherung am Ende ein Sicherungsring. Zwischen den Klinken und dem Blech befinden sich Distanzscheiben, gefertigt aus dem Material GZ-CuSn7ZnPb.

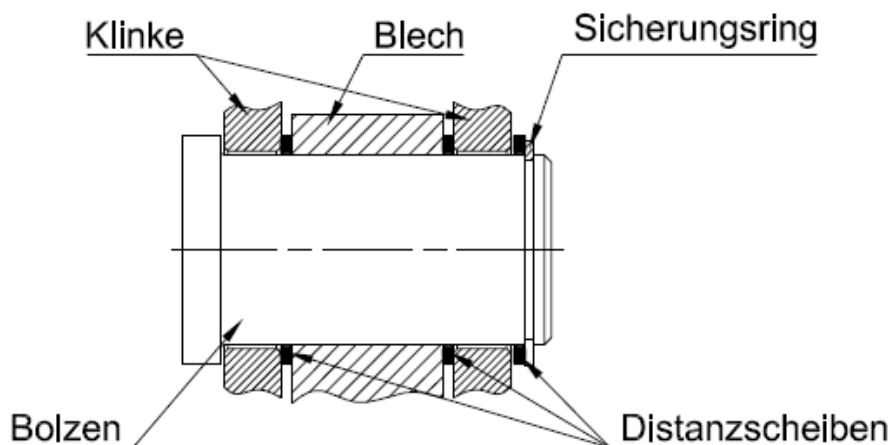


Abbildung 69: BG7, 8 und 9; Detail Klinkenmontage

Die Funktionsweise der Klinken ist wie folgt: Durch die freie Beweglichkeit der Klinken auf den Bolzen, kann die Klinken durch die mögliche Schrägstellung unter einem Hindernis wieder retour fahren. Durch deren tiefen Schwerpunkt werden diese aber immer wieder in den Ausgangszustand zurückgeführt.

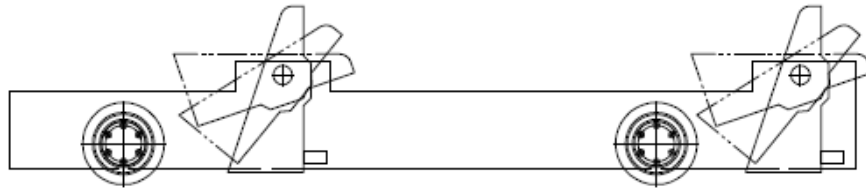


Abbildung 70: BG7, 8 und 9; Funktionsweise Klinken

Die Baueinheit 3 ist ein Flachstahl mit den Abmessungen 20x30x60mm. Dieser dient als Anschlag für die Klinken. Es werden hiervon für einen Wagen vier Stück benötigt. Gefertigt wird diese Baueinheit aus dem Material S355.

Die Baueinheit 4 sind die Räder. Diese Räder werden mit Hilfe einer Welle montiert. Die Räder selbst besitzen eine Breite von 80mm. Die Führung der Räder erfolgt über die Innenseite der U200-Träger, die Räder haben einen Außendurchmesser von 215mm. Die Lauffläche selbst ist mit dem gleichen Winkel ausgeführt welche der U200-Träger aufweist. Gefertigt wird diese Baueinheit aus dem Material S355.

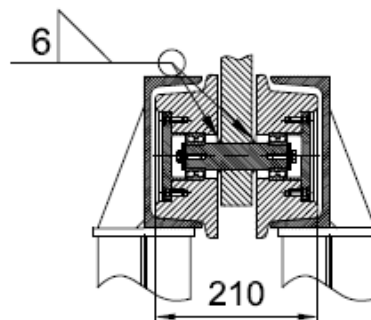


Abbildung 71: BG7, 8 und 9; Detail Radaufhängung

Wie in *Abbildung 72: BG7, 8 und 9; Detail Rad* ersichtlich, dient als Lager ein zweireihiges Schrägkugellager. Hier wurde ein Schrägkugellager der Firma FAG gewählt. Die Abmessungen des Lagers gibt der Hersteller vor.

Auf der Innenseite des Lagers dienen als Anschluss einerseits das Rad und andererseits die Welle selbst. Auf der Außenseite dienen als Anschluss der Deckel und eine Scheibe. Der Deckel wird mit 6 Stück M8x25mm Senkkopfschrauben auf dem Rad befestigt. Die Scheibe wird mit einer M8x25mm Sechskantschraube mit dazu passendem Federring auf der Welle befestigt.

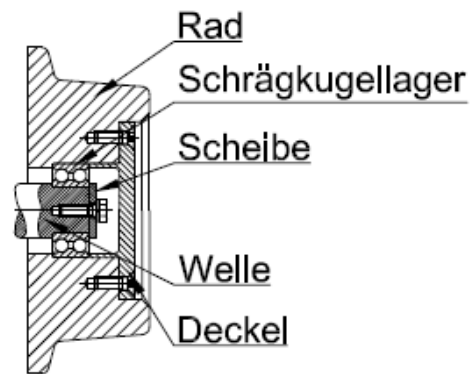


Abbildung 72: BG7, 8 und 9; Detail Rad

7.8 Baugruppe 10 – Klinkenwagen 4

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich, gibt es von dieser Baugruppe vier Stück.

Es wird auch hier unterschieden zwischen der Fahrbahn, Position 1, und dem Wagen, Position 2.

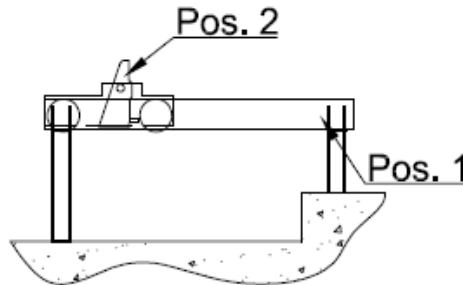


Abbildung 73: Baugruppe 10; Positionsübersicht

7.8.1 Position 1 – Fahrbahn

Der Klinkenwagen, Position 2, läuft auch hier in zwei U200-Trägern, als Lauffläche dient die Innenseite des U-Trägers.

Montiert werden die beiden U200-Träger auf IPB120-Stützen. Mit den beiden Abschlussblechen kommt man im hinteren Bereich auf eine Gesamtlänge von 729mm, im vorderen Bereich auf eine Gesamtlänge von 416mm.

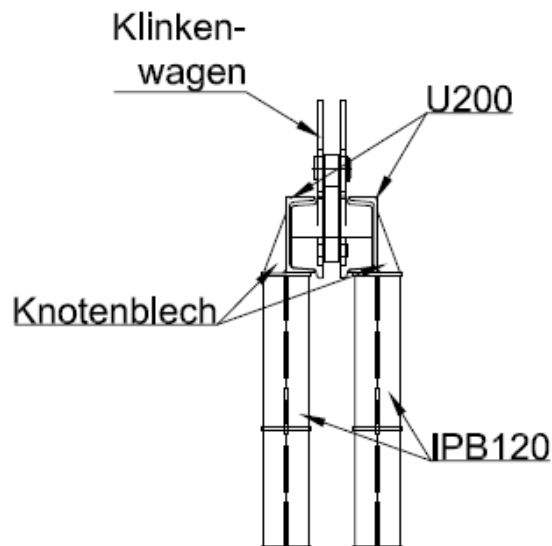


Abbildung 74: BG 10; Position 1, Seitenansicht

Das obere Abschlussblech dient als Auflagefläche für den U200-Träger. Das untere Abschlussblech dient zum Verankern in den Boden. Die Stützen werden mit jeweils 2 Ankerschrauben M20 in das Fundament verankert.

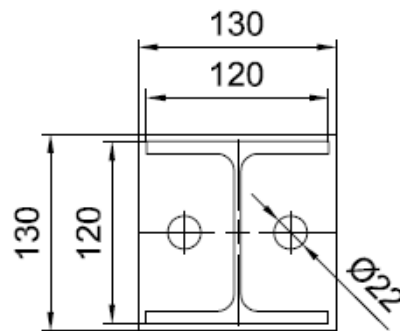


Abbildung 75: BG10; Detail Verankerung

Um dem U200-Träger die seitliche Stabilität zu geben, werden an der Außenseite des U200-Trägers und an das obere Abschlussblech der IPB120-Stützen Knotenbleche angeschweißt. Die Knotenbleche haben die Abmaße 10x60x160mm. Diese Knotenbleche werden jeweils dort angeschweißt, wo die IPB120-Stützen auf die U200-Träger treffen.

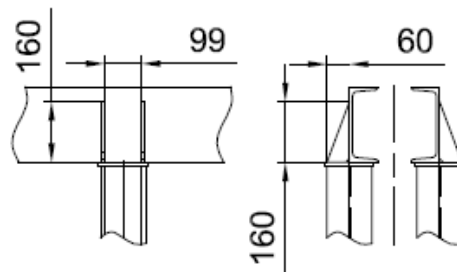


Abbildung 76: BG10; Detail Knotenbleche

Es besteht aber auch hier die Möglichkeit, dass sich im hinteren Bereich zwei U200-Träger eine IPB120-Stützen teilen. Nämlich dann, wenn zwei Baugruppen direkt nebeneinander verlaufen.

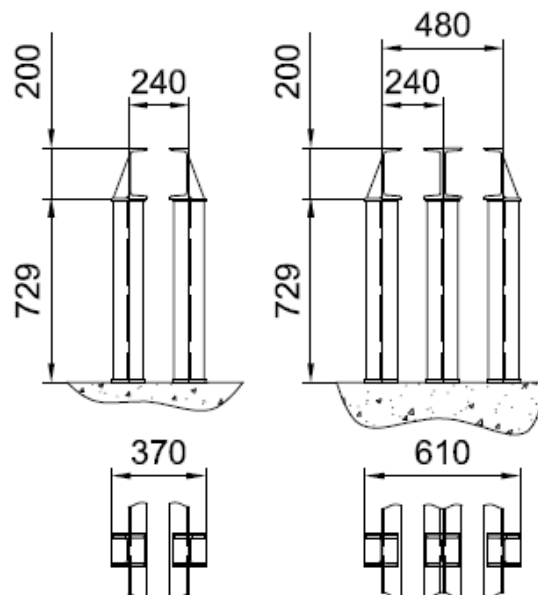


Abbildung 77: BG10; Vergleich Montage eine Baugruppe und zwei Baugruppen

Die gesamte Fahrbahnkonstruktion ist aus dem Material S235 gefertigt.

Die Baugruppe besitzt eine Gesamtlänge von 2053mm.

7.8.2 Position 2 – Klinkenwagen

Der Klinkenwagen selbst besitzt eine Gesamtlänge von 2230mm, eine Gesamthöhe von 467,5mm und eine Gesamtbreite von 210mm.

Der Klinkenwagen besteht aus vier Baueinheiten.

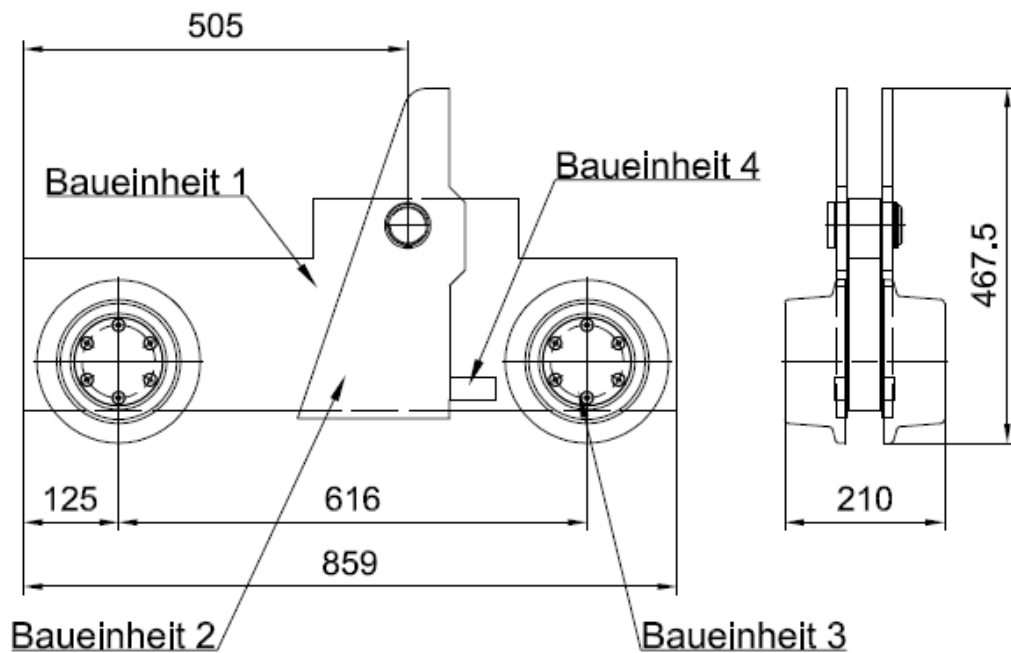


Abbildung 78: BG10; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht

Die Baueinheit 1 ist ein Blech, auf dem die anderen Baueinheiten montiert werden. Es besitzt die Abmessungen 40x200x859mm. In diesem Blech sind drei Bohrungen. Eine Bohrung dient zur Aufnahme des Bolzens für die Klinken, die anderen beiden Bohrungen dienen zur Aufnahme der Wellen für die Räder. Gefertigt wird diese Baueinheit aus dem Material S235.

Die Baueinheit 2 sind die sogenannten Klinken. Diese werden aus einem Blech gefertigt mit den Abmessungen 15x220x435mm. Für einen Wagen werden zwei Klinken benötigt. Gefertigt wird dieses Blech aus dem Material S355. Die Montage der Klinken erfolgt über einen Bolzen mit dem Durchmesser 60mm und einer Länge von 98mm, gefertigt aus dem Material S355. Auf dem Bolzen dient zur Sicherung am Ende ein Sicherungsring. Zwischen den Klinken und dem Blech befinden sich Distanzscheiben, gefertigt aus dem Material GZ-CuSn7ZnPb.

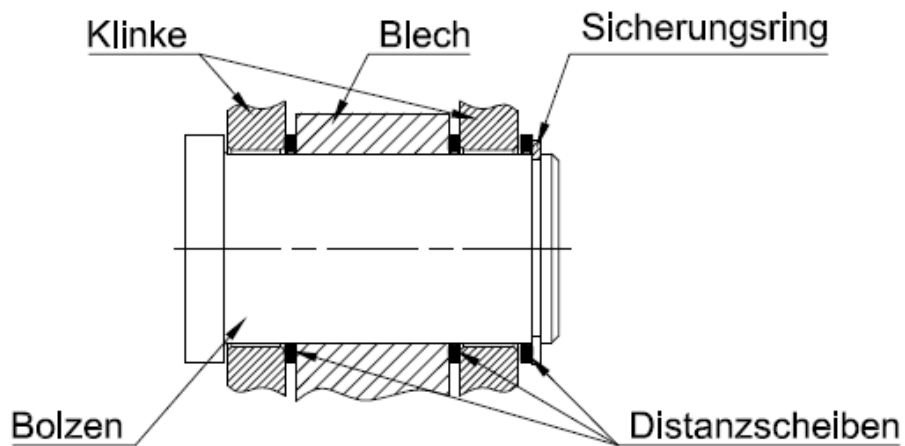


Abbildung 79: BG10; Detail Klinkenmontage

Die Funktionsweise der Klinken ist wie folgt: Durch die freie Beweglichkeit der Klinken auf den Bolzen, können die Klinken durch die mögliche Schrägstellung unter einem Hindernis wieder retour fahren. Durch den tiefen Schwerpunkt der Klinken werden diese aber immer wieder in den Ausgangszustand zurückgeführt.

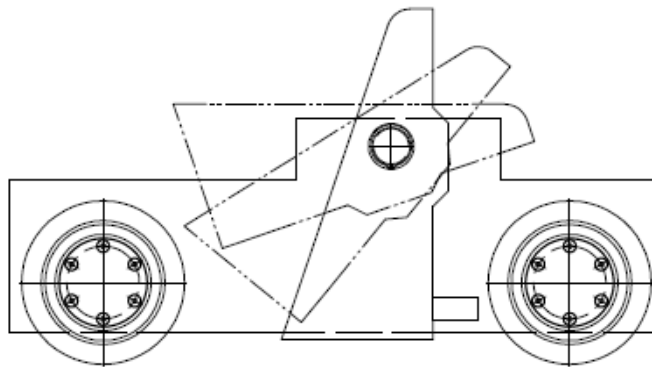


Abbildung 80: BG10; Funktionsweise Klinke

Die Baueinheit 3 ist ein Flachstahl mit den Abmessungen 20x30x60mm. Dieser dient als Anschlag für die Klinken. Es werden hiervon für einen Wagen zwei Stück benötigt. Gefertigt wird diese Baueinheit aus dem Material S355.

Bei der Baueinheit 4 handelt es sich um die Räder. Diese Räder werden mit Hilfe einer Welle montiert. Die Räder selbst besitzen eine Breite von 80mm. Die Führung der Räder erfolgt über die Innenseite der U200-Träger, die Räder haben einen Außendurchmesser von 215mm. Die Lauffläche selbst ist mit dem gleichen Winkel ausgeführt, wie der U200-Träger sie aufweist. Gefertigt wird diese Baueinheit aus dem Material S355.

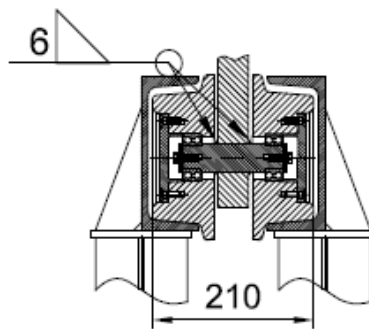


Abbildung 81: BG10; Detail Radaufhängung

Wie in *Abbildung 82: BG10; Detail Rad* ersichtlich, dient als Lager ein zweireihiges Schrägkugellager. Hier wurde ein Schrägkugellager der Firma FAG gewählt. Die Abmessungen des Lagers gibt der Hersteller vor.

Auf der Innenseite des Lagers dienen als Anschluss einerseits das Rad, und andererseits die Welle selbst. Auf der Außenseite dienen als Anschluss der Deckel und eine Scheibe. Der Deckel wird mit 6 Stück M8x25mm Senkkopfschrauben auf dem Rad befestigt. Die Scheibe wird mit einer M8x25mm Sechskantschraube mit dazu passendem Federring auf der Welle befestigt.

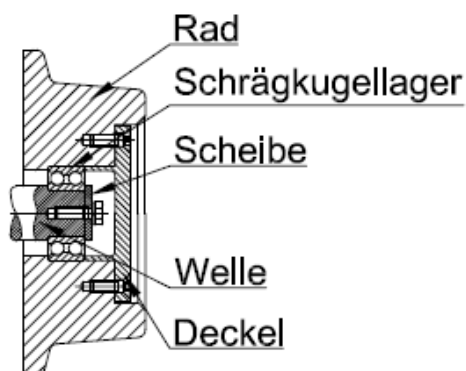


Abbildung 82: BG10; Detail Rad

7.9 Baugruppe 11 – Übergabeeinheit

Wie in *Abbildung 23: Draufsicht* ersichtlich gibt es von dieser Baugruppe vier Stück.

Die Baugruppe 11 setzt sich aus zwei Positionen zusammen. Zum einen aus der Fahrbahn und zum anderen aus dem Hubwagen.

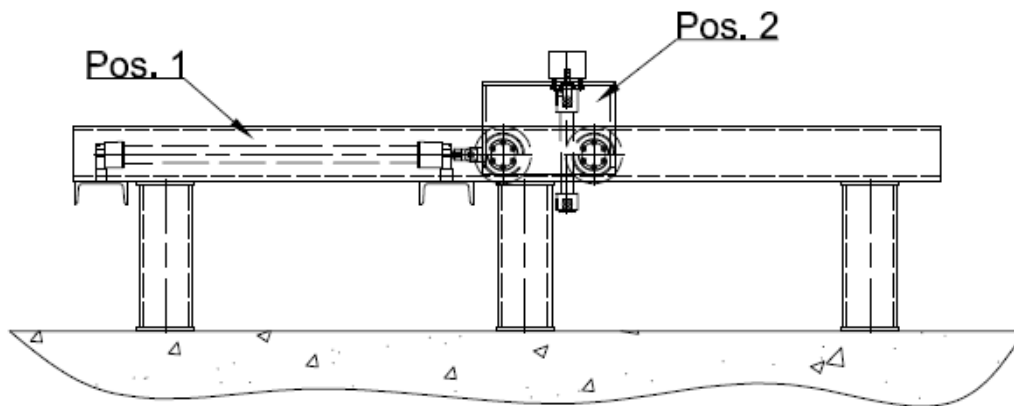


Abbildung 83: Baugruppe 11, Positionsübersicht

7.9.1 Position 1 – Fahrbahn

Die Fahrbahn selbst besteht aus zwei Stück U140-Trägern, gefertigt aus dem Material S235. Als Lauffläche für den Übergabewagen dient die Innenseite des U-Trägers.

Montiert werden die beiden U140-Träger auf U140-Stützen. Mit den beiden Abschlussblechen kommt man auf eine Gesamthöhe von 530mm.

Die Baugruppe besitzt eine Gesamtlänge von 2290mm.

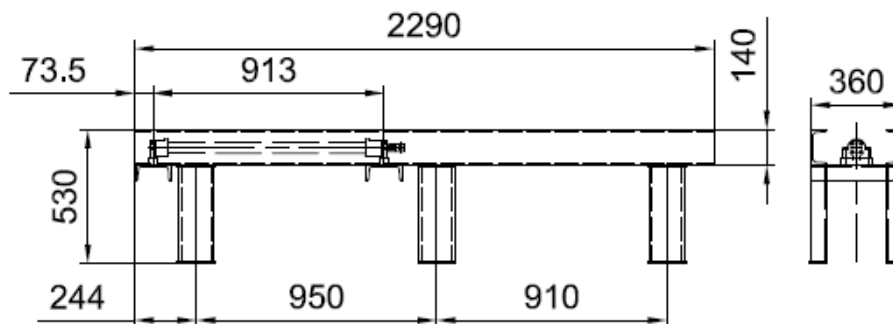


Abbildung 84: BG11; Position 1, Vorderansicht und Seitenansicht

Das obere Abschlussblech dient als Auflagefläche für den U140-Träger. Das untere Abschlussblech dient zum Verankern in den Boden. Die Stützen werden mit jeweils einer Ankerschraube M20 in das Fundament verankert.

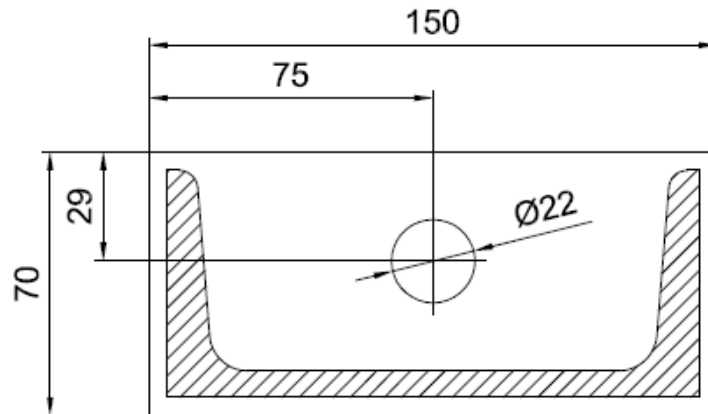


Abbildung 85: BG11; Detail Verankerung

Als Antrieb für den Wagen wurde ein Hydraulikzylinder der Firma Rexroth gewählt. Befestigt wird dieser Hydraulikzylinder vorne und hinten mit Füßen.

Der Hydraulikzylinder wird an den Übergabewagen mit Hilfe eines Gabelkopfes befestigt. Als Gegenstück am Übergabewagen dient eine Lasche.

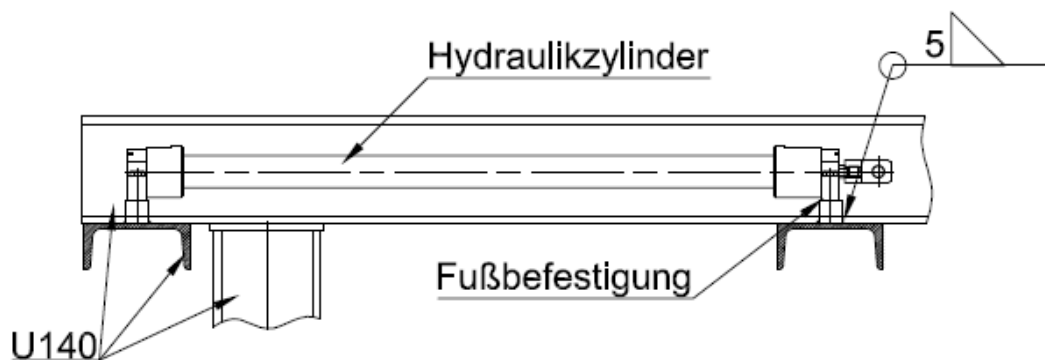


Abbildung 86: BG11; Detail Hydraulikzylinderbefestigung

Es werden quer zur Fahrtrichtung zwei U140-Träger an die untere Seite der beiden U140-Träger, die als Fahrbahn dienen, angeschweißt. An diese beiden U140-Querträger wird jeweils ein Blech mit den Abmessungen 30x30x120mm angeschweißt. In dieses Blech werden zwei Gewindesacklöcher geschnitten, um hier den Hydraulikzylinder montieren zu können. In der Mitte befindet sich noch eine Passfedernut. Diese Passfeder dient dazu, dass die Kräfte nicht direkt auf die Schrauben übertragen werden. Wo sich diese Gewindesacklöcher und die Passfedernut befinden, gibt der Hersteller des Hydraulikzylinders vor.

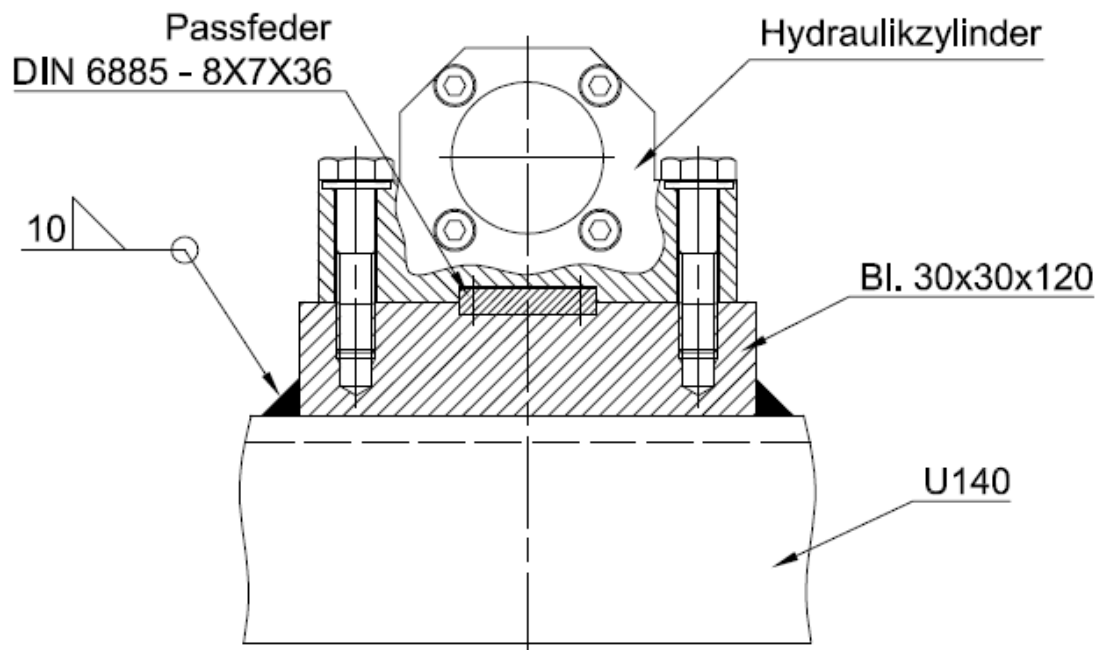


Abbildung 87: BG11; Detail Montage des Hydraulikzylinders

Hier wurde ein Hydraulikzylinder der Firma Rexroth gewählt. Die technischen Daten sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 10: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 11, Position 1

Wirkungsweise:	Differentialzylinder
Befestigungsart:	Fußbefestigung
Systemdruck:	120bar
Druckkraft:	5kN
Hublänge:	750mm
Einbauwinkel:	0°
Kolbendurchmesser:	32mm
Kolbenstangendurchmesser:	18mm
Kolbenstangenende:	Gewinde nach ISO 6020/1 M14x1,5

7.9.2 Position 2 – Übergabewagen

Der Übergabewagen selbst besitzt eine Gesamtlänge von 417mm, eine Gesamthöhe von 340mm und eine Gesamtbreite von 325mm. Gefertigt wird der Korpus aus Blechen mit dem Material S235. Die Antriebsräder werden aus dem Material S355 gefertigt.

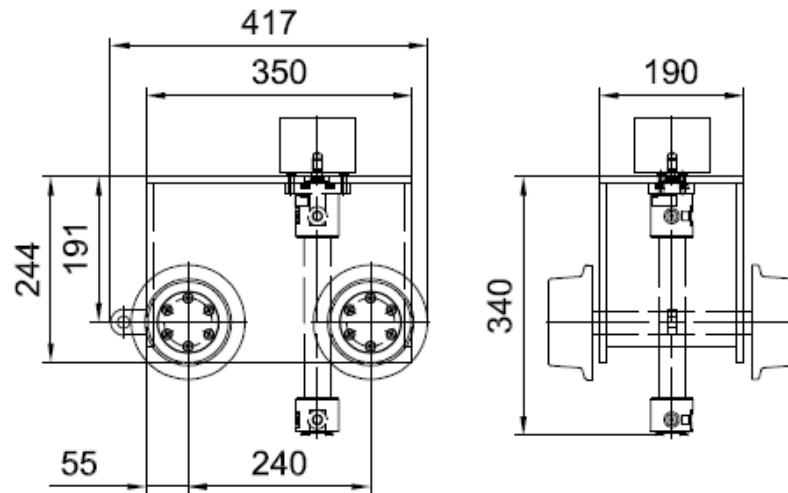


Abbildung 88: BG11; Position 2, Vorderansicht und Seitenansicht

Der Korpus selbst besteht aus einem Oberblech, zwei Seitenblechen und aus einem Blech vorne und einem hinten. Es ist eine reine Schweißkonstruktion.

Das obere Blech hat das Abmaß 10x190x350mm. Die beiden Seitenbleche haben das Abmaß 10x234x350mm und die beiden Bleche vorne und hinten haben das Abmaß 10x170x214mm.

Am vorderen Blech wird eine Lasche montiert. Diese Lasche wird über einen Bolzen mit dem Gelenkkopf des Hydraulikzylinders der Position 1 verbunden.

Der Gelenkkopf wurde von der Firma Rexroth gewählt. Der Bolzen ist im Lieferumfang des Gelenkkopfes enthalten.

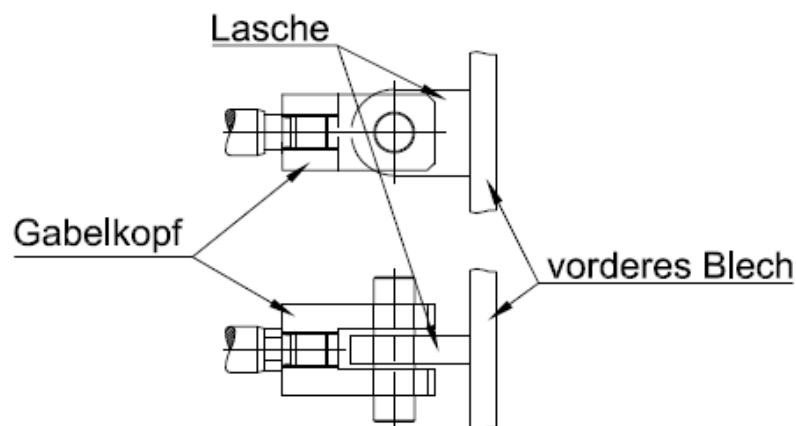


Abbildung 89: BG11; Detail Befestigung Lasche-Gelenkkopf

Das oben aufliegende Blech besitzt eine Ausnehmung für einen Hydraulikzylinder, der die Übergabe ausführt. Das Bohrbild für diesen Hydraulikzylinder ist vom Zylinderhersteller vorgegeben und wird lediglich auf das Blech übertragen.

Die beiden Seitenbleche haben jeweils zwei Ausnehmungen. Diese Ausnehmungen sind für die Welle, auf denen die Räder montiert werden.

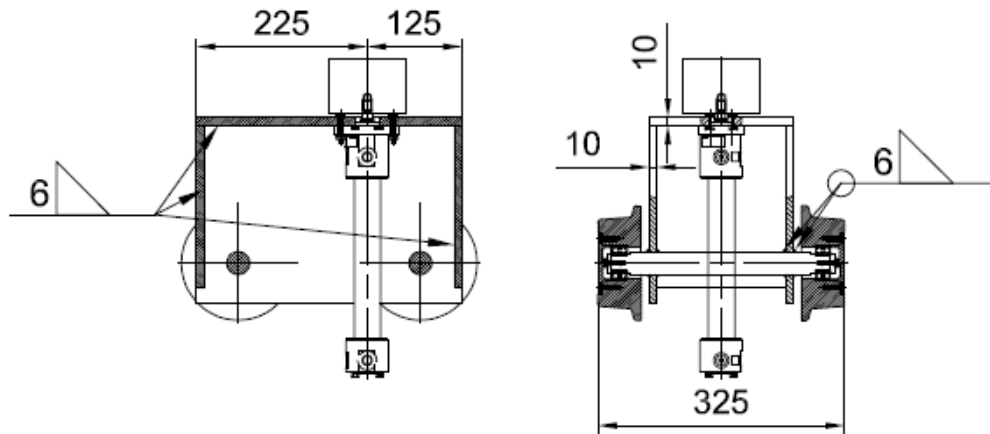


Abbildung 90: BG11; Korpus des Übergabewagens

Als Lager dient ein zweireihiges Schrägkugellager. Es wurde ein Schrägkugellager der Firma FAG gewählt. Die Abmessungen des Lagers gibt der Hersteller vor.

Auf der Innenseite des Lagers dienen als Anschluss einerseits das Rad und andererseits die Welle selbst. Auf der Außenseite dienen als Anschluss der Deckel und eine Scheibe. Der Deckel wird mit 6 Stück M6x20mm Senkkopfschrauben mit dazu passendem Feder-ring auf dem Rad befestigt. Die Scheibe wird mit einer M6x18mm Sechskantschraube mit dazu passendem Federring auf der Welle befestigt.

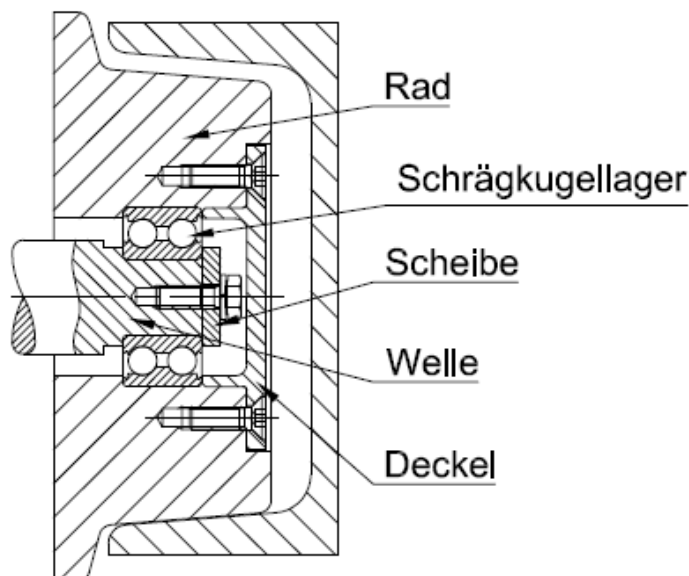


Abbildung 91: BG11; Detail Rad

Wie schon erwähnt, werden die beiden Hydraulikzylinder auf das obere Blech angeschraubt. Hier wurde einen Rexroth-Hydraulikzylinder gewählt, die technischen Daten sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 11: Technische Daten Hydraulikzylinder der Baugruppe 11, Position 2

Wirkungsweise:	Differentialzylinder
Befestigungsart:	Rechteckflansch am Kopf
Systemdruck:	120bar
Druckkraft:	5kN
Hublänge:	190mm
Einbauwinkel:	90°
Kolbendurchmesser:	25mm
Kolbenstangendurchmesser:	18mm
Kolbenstangenende:	Gewinde nach ISO 6020/1 M14x1,5

Als Auflage für die Knüppel bei der Übergabe dient ein Rundstahl. Der Rundstahl hat einen Durchmesser von 100mm und hat eine Länge von 70mm. Auf einer Seite befindet sich ein Gewindefackloch für ein metrisches ISO-Feingewinde M12x1,25. Hier wird der Hydraulikzylinder eingeschraubt. Gegengesichert wird der Hydraulikzylinder mit einer Sechskantmutter M12x1,25 nach der DIN439.

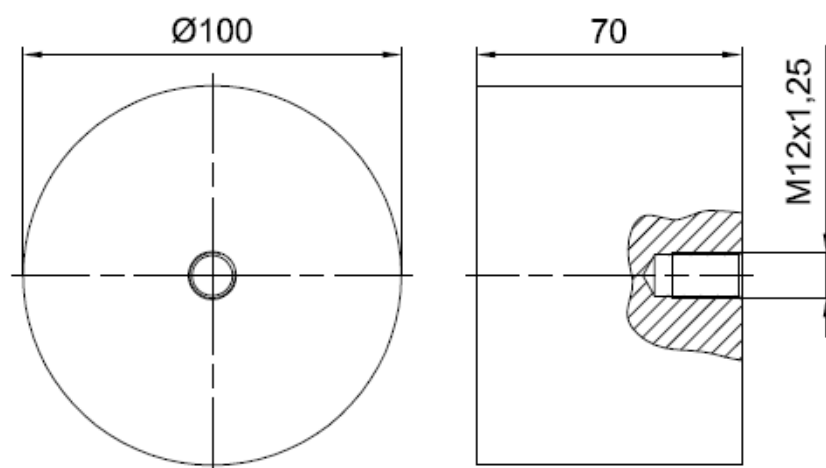


Abbildung 92: BG11; Detail Rundstahl

Diese Baueinheit wurde rund ausgeführt, da der Zylinder nicht geführt wird. D.h. auch wenn sich der Zylinder dreht, bleibt die Auflagefläche für den Knüppel immer gleich. Gefertigt wird dieser Rundstahl aus dem Material S355.

8 Detail der Bereiche 1 – 5

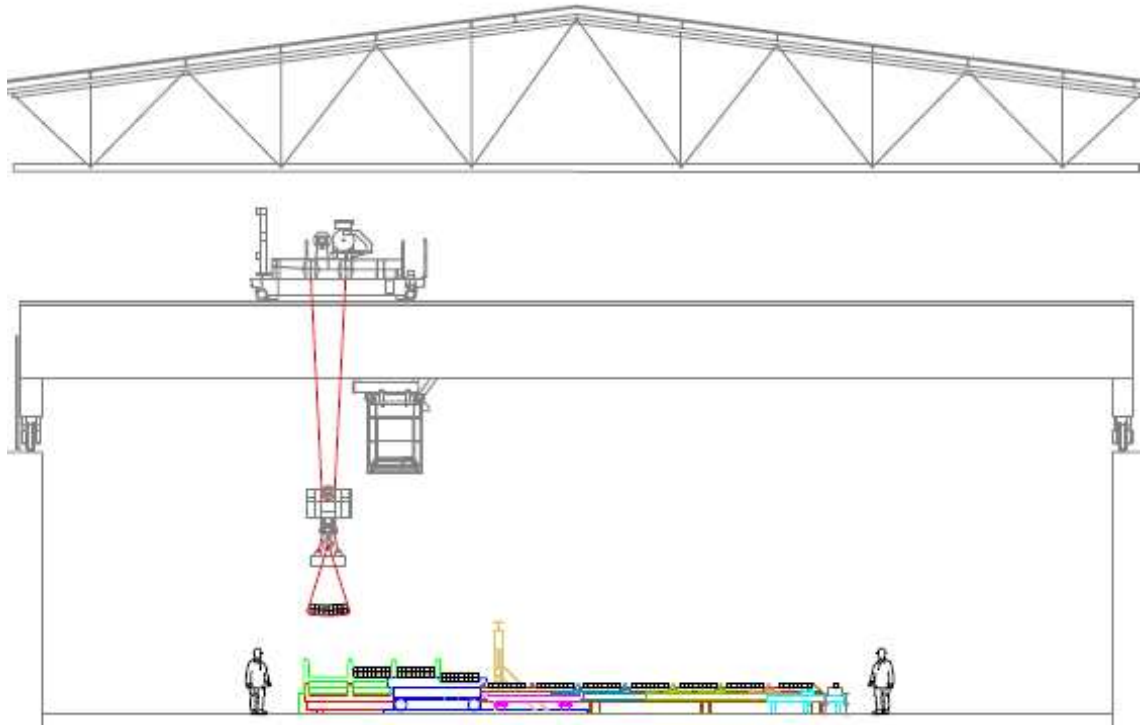


Abbildung 93: Gesamtübersicht des Knüppelaufgaberostes mit Halle

Folglich werden bei den Beschreibungen nur mehr die einzelnen Baugruppen genannt, nicht jedoch die genaue Bezeichnung. Die genaue Bezeichnung ist im *Absatz 7, Baugruppenbeschreibung*.

8.1 Bereich 1 – Aufgabe

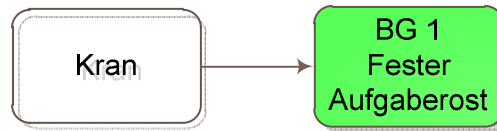


Abbildung 94: Ablauf Bereich 1 – Aufgabe

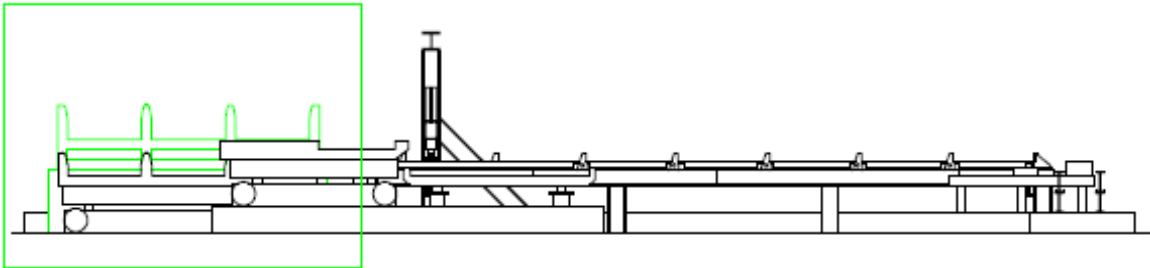


Abbildung 95: Vorderansicht, Bereich 1 – Aufgabe am Beginn der Arbeitsfolge

Der Bereich 1 setzt sich aus dem Laufkran vor Ort und der Baugruppe 1 zusammen.

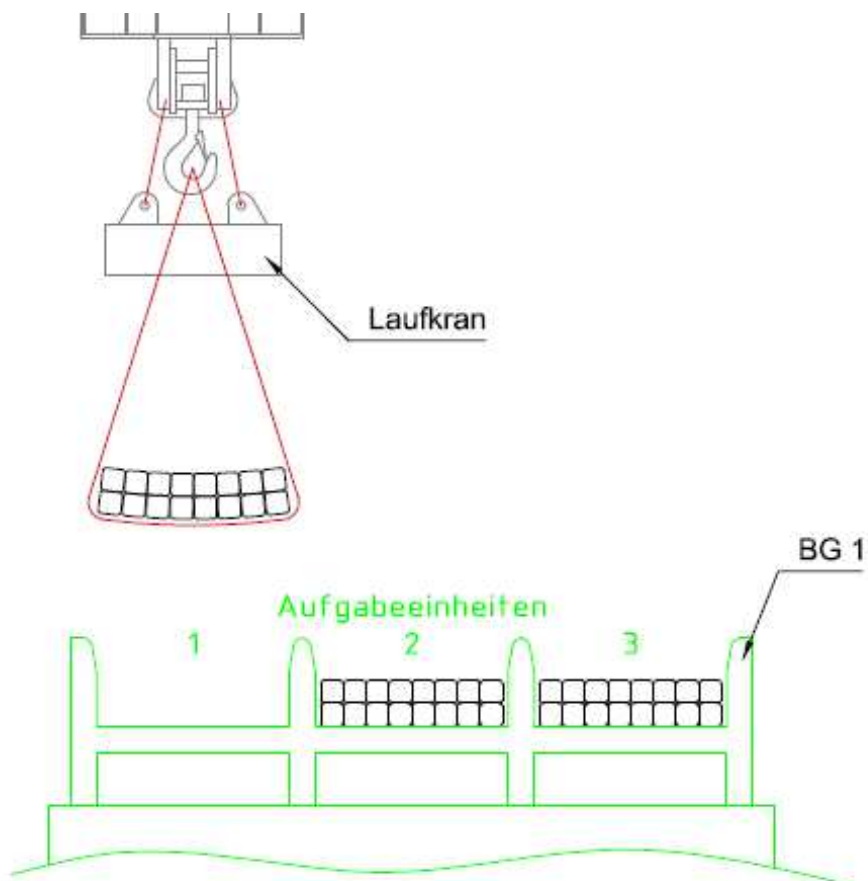


Abbildung 96: Bereich 1 – Aufgabe; Aufgabe mittels Kran

Bei der Erstbefüllung werden alle drei Aufgabeeinheiten nacheinander mittels Laufkran befüllt.

Während des Betriebes werden je nach Bedarf die einzelnen Aufgabeeinheiten befüllt, wobei darauf zu achten ist, dass die Aufgabeeinheit 3, siehe *Abbildung 96: Bereich 1 – Aufgabe; Aufgabe mittels Kran*, immer befüllt sein muss, wenn die Anlage in Betrieb ist, da sonst der darauffolgende Bereich nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden kann, bzw. es zu Betriebsstörungen kommen kann.

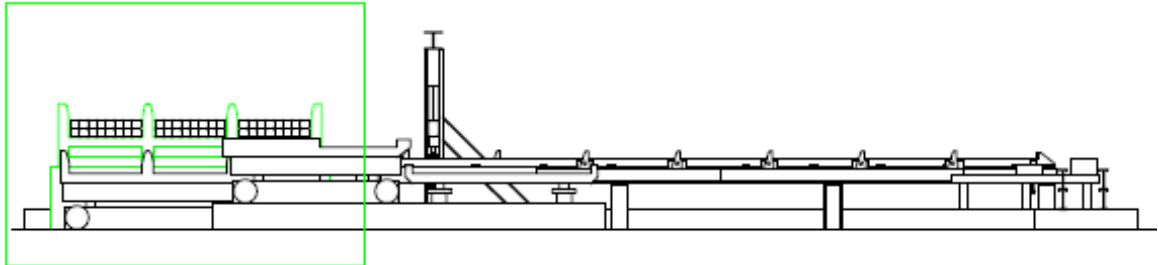


Abbildung 97: Vorderansicht, Bereich 1 – Aufgabe am Ende der Arbeitsfolge

8.2 Bereich 2 – Weitergabe

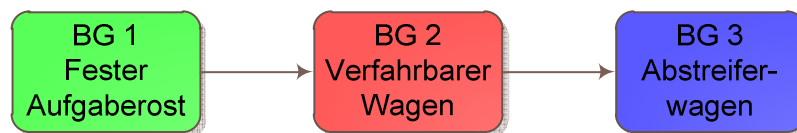


Abbildung 98: Ablauf Bereich 2 – Weitergabe

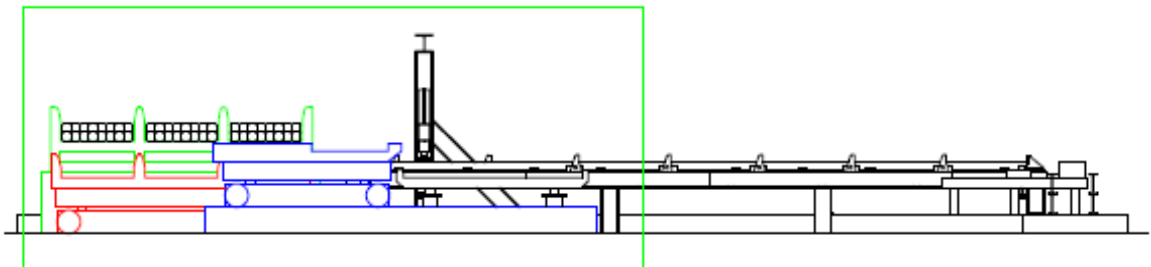


Abbildung 99: Vorderansicht, Bereich 2 – Weitergabe am Beginn der Arbeitsfolge

Der Bereich 2 setzt sich aus der Baugruppe 1, der Baugruppe 2 und der Baugruppe 3 zusammen.

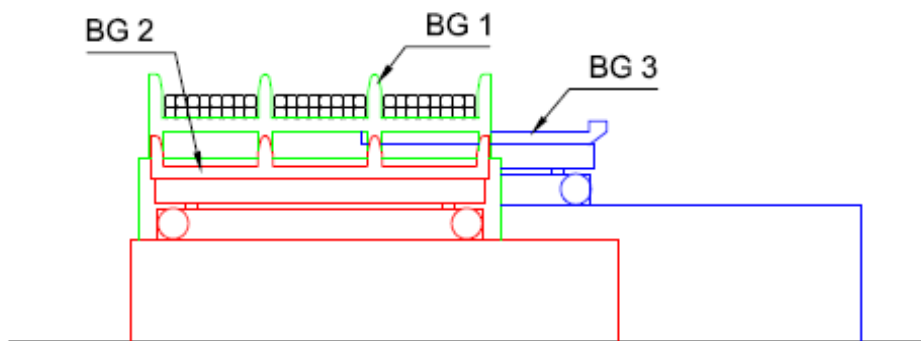


Abbildung 100: Grundstellungen der drei Baugruppen

Bei Beginn der Arbeitsfolge des Bereichs 2 müssen sich alle drei Baugruppen in der Grundstellung befinden.

Ist die Befüllung der Baugruppe 1 erfolgt, d.h. der Bereich 1 abgeschlossen, und die Baugruppe 3 befindet sich leer in der Grundstellung, kann die Arbeitsfolge beginnen.

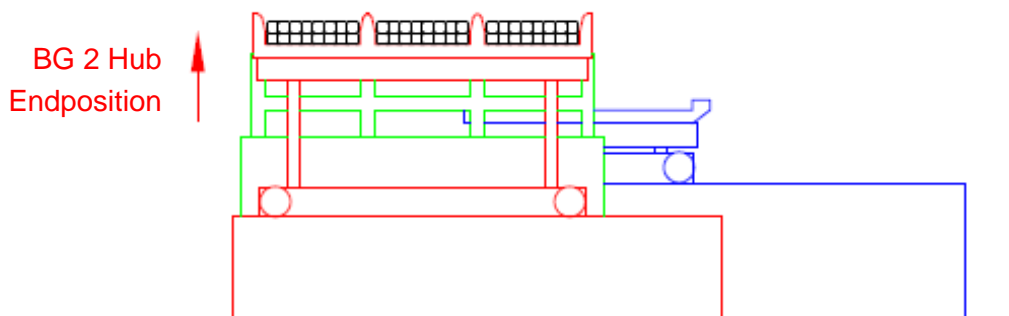


Abbildung 101: BG 2 Hub Endposition

Im ersten Schritt fahren die Hydraulikzylinder der Baugruppe 2 den vorgegebenen Hubweg aus, d.h. in die Endposition der Hydraulikzylinder. Die abgelegten Knüppel werden dadurch vom Puffer hochgehoben.

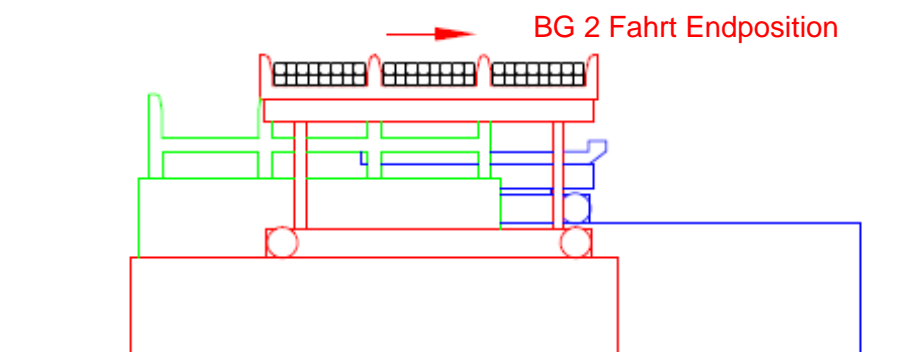


Abbildung 102: BG 2 Fahrt Endposition

Danach fährt die Baugruppe 2 in die Endstellung, d.h. um ein Paket, in Richtung der Baugruppe 3.

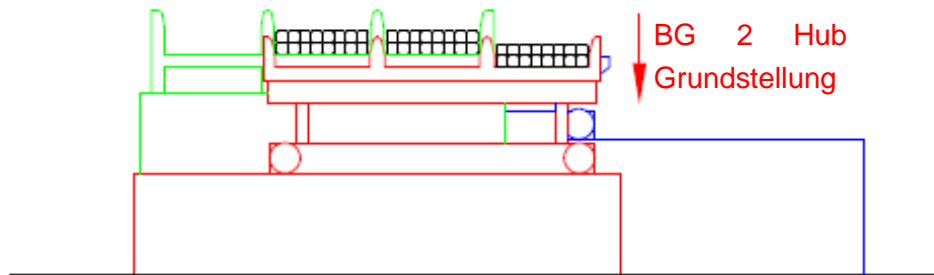


Abbildung 103: BG 2 Hub Grundstellung

Nun fährt der Hydraulikzylinder der Baugruppe 2 den vorgegebenen Hubweg wieder ein und legt dadurch zuerst die beiden linken Pakete wieder in die Baugruppe 1 ab und das ganz rechte Paket wird auf die Baugruppe 3 abgelegt.

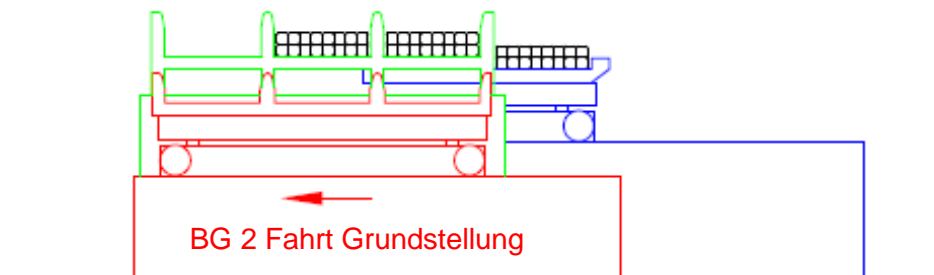


Abbildung 104: BG 2 Fahrt Grundstellung

Nach der Ablage der Knüppel fährt die Baugruppe 2 wieder in die Grundstellung zurück und wartet bis ein Signal kommt, das anzeigt, dass die Baugruppe 3 leer ist und wieder zu Verfügung steht. Nun beginnt der Arbeitsvorgang von neuem.

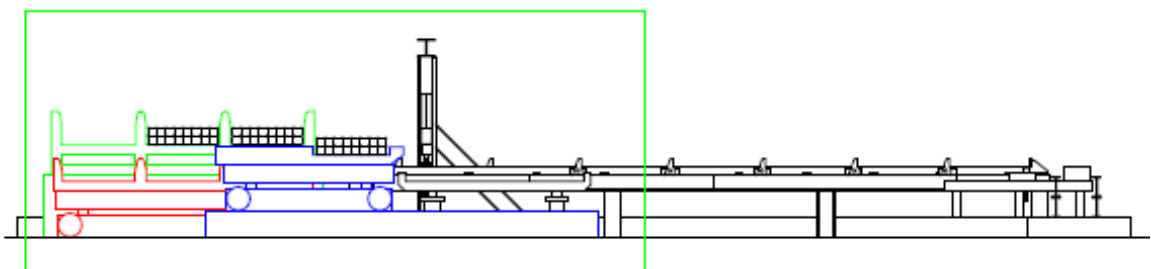


Abbildung 105: Vorderansicht, Bereich 2 – Weitergabe am Ende der Arbeitsfolge

8.3 Bereich 3 – Abstreifen

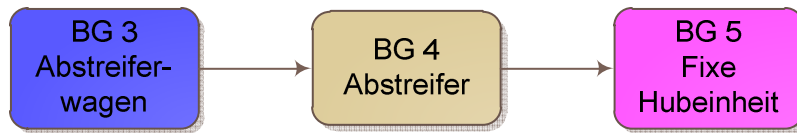


Abbildung 106: Ablauf Bereich 3 – Abstreifer

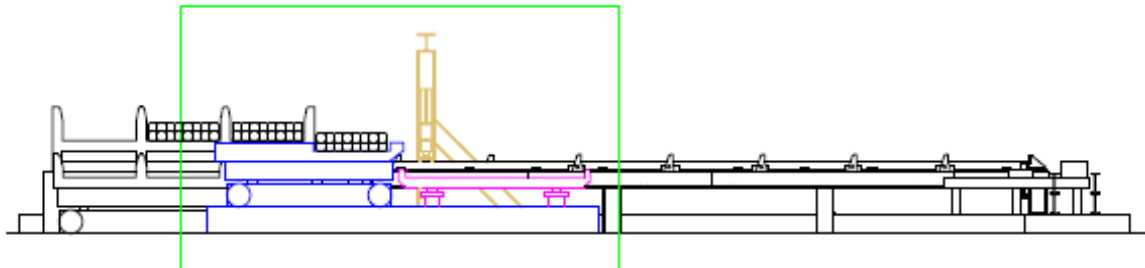


Abbildung 107: Vorderansicht, Bereich 3 – Abstreifer am Beginn der Arbeitsfolge

Der Bereich 3 setzt sich aus der Baugruppe 3, der Baugruppe 4 und der Baugruppe 5 zusammen.

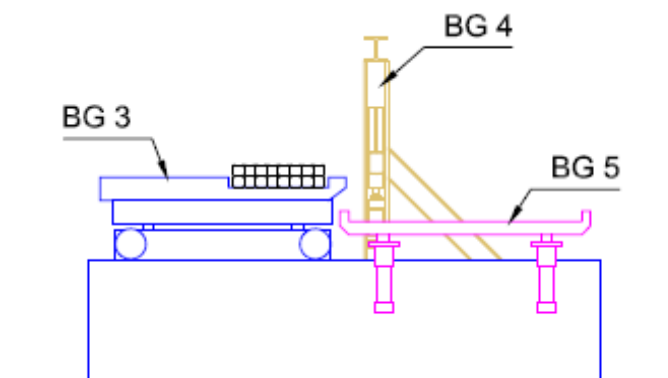


Abbildung 108: Grundstellung der drei Baugruppen

Bei Beginn der Arbeitsfolge des Bereichs 3 müssen sich alle drei Baugruppen in der Grundstellung befinden.

Ist der Ablauf des Bereiches 2 erfolgt, die Baugruppe 3 befüllt und in der Grundstellung, kann die Arbeitsfolge beginnen. Hierfür ist noch darauf zu achten, dass sich die Hydraulikzylinder der Baugruppe 4 und 5 in der Grundstellung befinden, d.h. der Hubweg eingefahren ist.

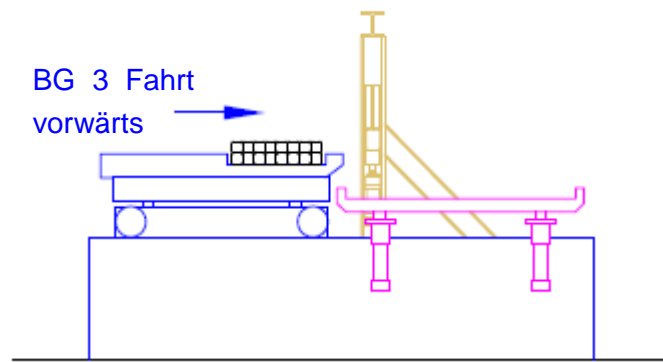


Abbildung 109: BG 3 Fahrt bis Mitte BG 4

Im ersten Schritt fährt die beladene Baugruppe 3 den halben Weg nach rechts, d.h. bis in die Mitte der Baugruppe 4.

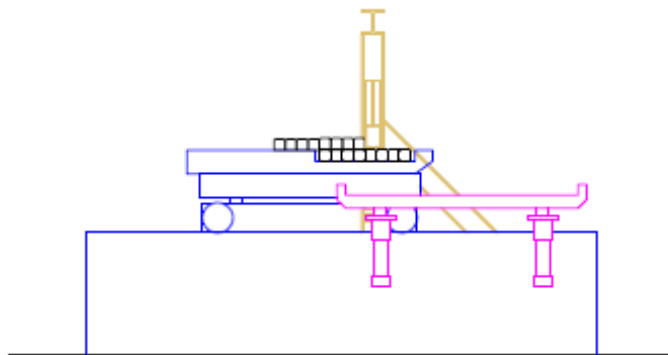


Abbildung 110: untere Lage wird von der oberen getrennt

Im nächsten und sogleich wichtigsten Arbeitsschritt werden die zwei Lagen der Knüppel voneinander getrennt. Die untere Lage wird von der oberen Lage weggezogen.

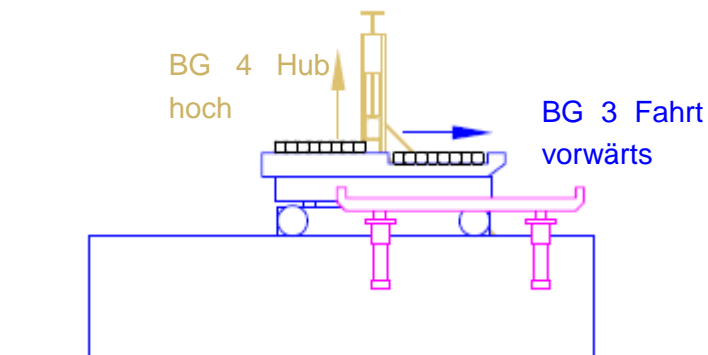


Abbildung 111: BG 4 Hub 50 % hoch, BG 3 Fahrt vorwärts

Sobald die obere Lage von der unteren getrennt ist, werden 50% des Hubweges vom Hydraulikzylinder der Baugruppe 4 verrichtet. Danach kann die Baugruppe 3 ungehindert darunter wegfahren.

Die 50 % des Hubweges des Hydraulikzylinders der Baugruppe 3 ergeben sich aus der Überlegung heraus, dass die Möglichkeit besteht, dass sich die Knüppel verkanten können, wenn die Anlage falsch betrieben wird und dadurch eventuell eine dritte Reihe ent-

stehen kann. Damit diese dritte Reihe auch abgeschoben werden kann, fährt der Zylinder nur die halbe Strecke aus.

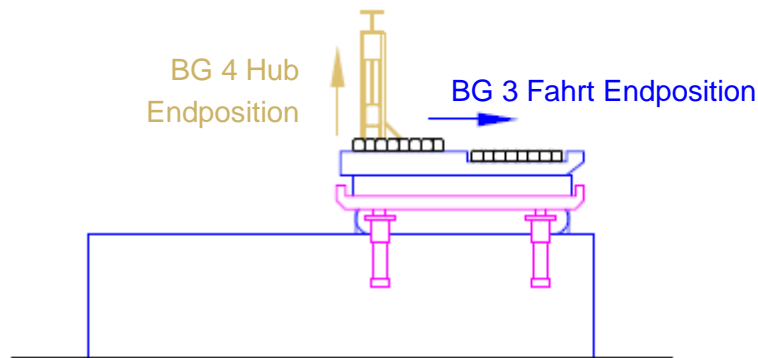


Abbildung 112: BG 4 Hub Endposition, BG 3 Fahrt Endposition

Wenn die komplette zweite Lage die Baugruppe 4 passiert hat, fährt der Hydraulikzylinder der Baugruppe 4 den gesamten Hubweg aus, d.h. in die Endposition und die Baugruppe 3 fährt den gesamten Fahrweg aus, d.h. in ihre Endposition.

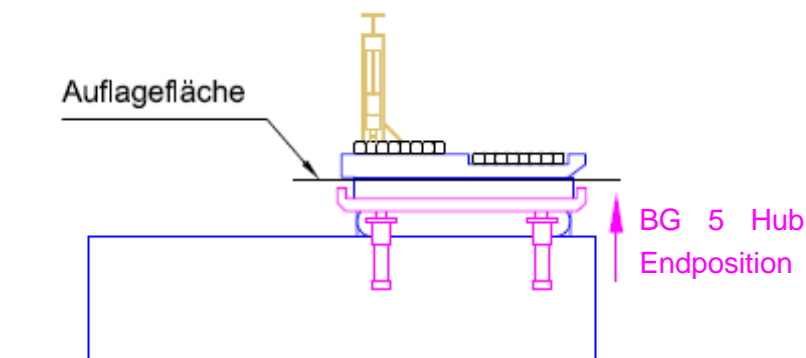


Abbildung 113: BG 5 Hub Endposition

Danach werden die beiden Lagen mit Hilfe der Baugruppe 5 von der Baugruppe 3 hochgehoben. Das Hochheben erfolgt auch hier über Hydraulikzylinder, der gesamte Hubweg wird ausgefahren, d.h. der Hydraulikzylinder fährt in die Endposition.

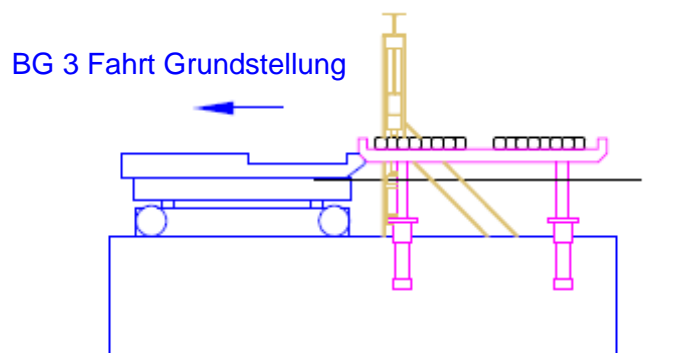


Abbildung 114: BG 3 Fahrt Grundstellung

Wenn der Hydraulikzylinder die Endposition erreicht hat, kann die Baugruppe 3 wieder in ihren Ausgangszustand zurückfahren.

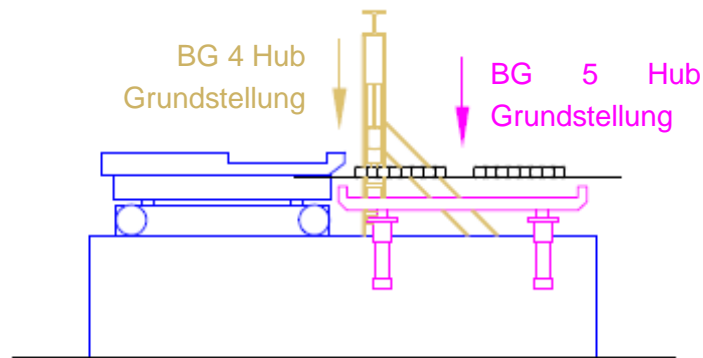


Abbildung 115: BG 5 Hub Grundstellung, BG 4 Hub Grundstellung

Nun kann die Baugruppe 5 die Knüppel auf eine Auflagefläche, Baugruppe 6 Schiene, ablegen. Der Hydraulikzylinder der Baugruppe 5 muss seinen Hub wieder einfahren, danach kann der Hydraulikzylinder der Baugruppe 4 auch seinen Hub wieder einfahren. Nun befinden sich alle Baugruppen wieder in ihrer Grundstellung und der Ablauf kann wieder von vorne beginnen.

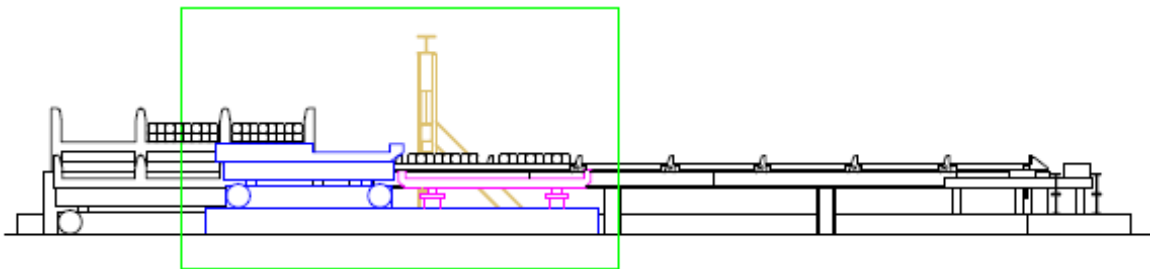


Abbildung 116: Vorderansicht, Bereich 3 – Abstreifer am Ende der Arbeitsfolge

8.4 Bereich 4 – Quertransport

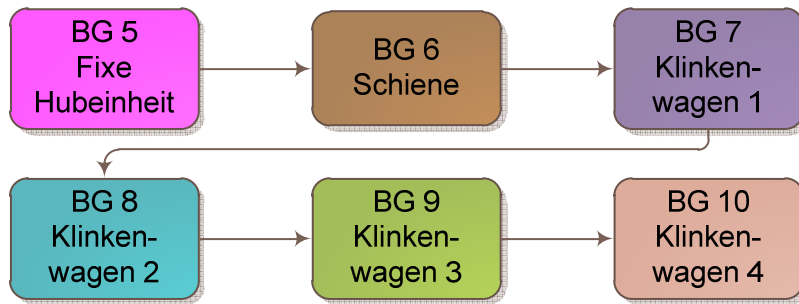


Abbildung 117: Ablauf Bereich 4 – Quertransport

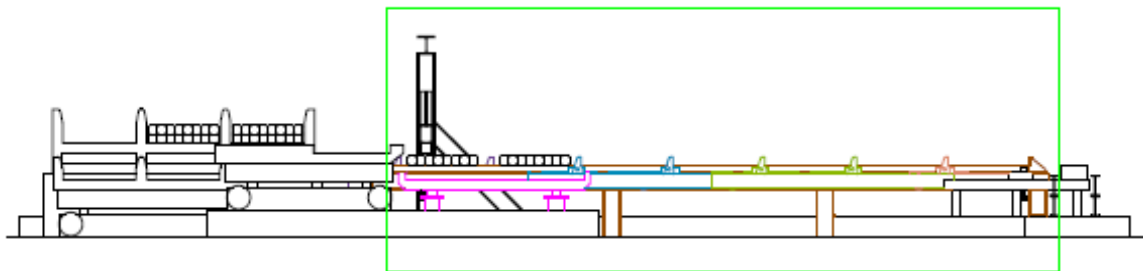


Abbildung 118: Vorderansicht, Bereich 4 – Quertransport am Beginn der Arbeitsfolge

Der Bereich 4 setzt sich aus den Baugruppen 5 bis 10 zusammen.

Bei diesem Bereich werden die Knüppel über die Baugruppe 6, die Schiene hinweg geschoben. Auf dieser Schiene befindet sich am Schienenende ein Puffer. Dieser Puffer dient als Anschlag für die Knüppel, damit diese am Ende nicht herunterfallen können. Die Schiene wird in den nachfolgenden Abbildungen als Auflagefläche bezeichnet.

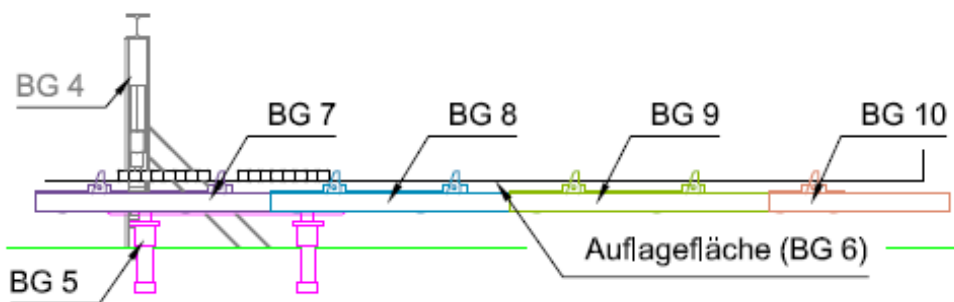


Abbildung 119: Grundstellung des Bereiches 4 – Quertransport

Bei Beginn der Arbeitsfolge des Bereichs 4 müssen sich alle Baugruppen in der Grundstellung befinden.

Ist der Ablauf des Bereiches 3 erfolgt, und ist die Baugruppe 5 wieder in ihrer Grundstellung, kann die Arbeitsfolge des Bereiches 4 beginnen.

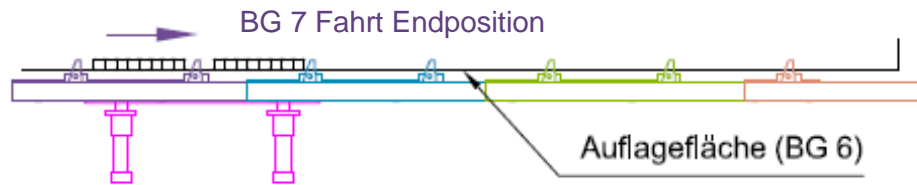


Abbildung 120: BG 7 Fahrt Endposition

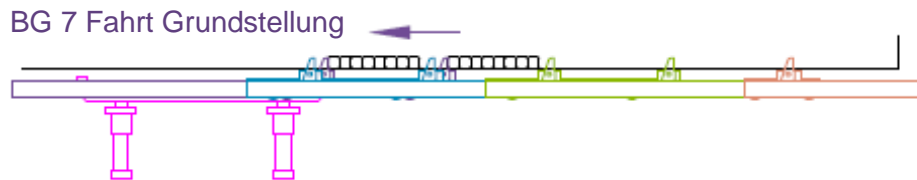


Abbildung 121: BG 7 Fahrt Grundstellung

Wenn die Anlage das erste Mal befüllt wird, wird zuerst mit der Fahrt der Baugruppe 7 begonnen. Als Erstes fährt die Baugruppe 7 bis zu ihrer Endposition, danach wieder zurück in die Grundstellung.

Sobald die Fahrt beendet ist, kann der Bereich 3 – Quertransport von vorne wieder beginnen, denn erst ab da ist der nötige Platz wieder frei zur Verfügung. Es ist jedoch darauf zu achten, bevor die Baugruppe 7 ihre Fahrt aufnimmt, dass sich im Bereich der Ausgangsposition der Baugruppe 8 keine Knüppel befinden.

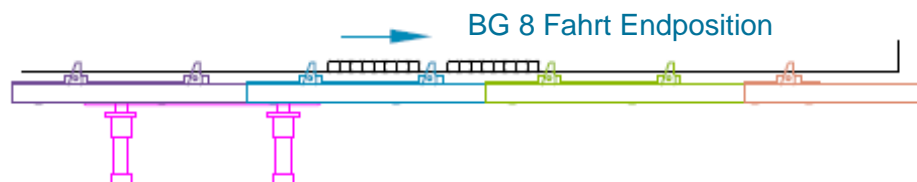


Abbildung 122: BG 8 Fahrt Endposition



Abbildung 123: BG 8 Fahrt Grundstellung

Sobald die Baugruppe 7 sich wieder in ihrem Ausgangszustand befindet, kann die Baugruppe 8 ihre Arbeit verrichten. Auch diese fährt zu ihrer Endposition, und danach wieder in die Ausgangsposition zurück.

Auch hier ist darauf zu achten, wenn eine Nachladung erfolgt, dass sich im Bereich der Ausgangsposition der Baugruppe 9 keine Knüppel befinden.

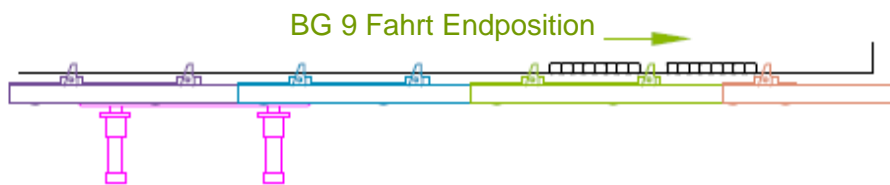


Abbildung 124: BG 9 Fahrt Endposition

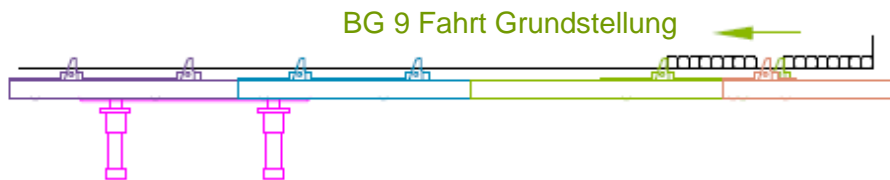


Abbildung 125: BG 9 Fahrt Grundstellung

Es gilt auch hier: Sobald die Baugruppe 8 sich wieder in ihrem Ausgangszustand befindet, kann die Baugruppe 9 ihre Arbeit verrichten. Auch diese fährt zu ihrer Endposition, und danach wieder in die Ausgangsposition zurück.

Wie schon bei den vorangegangenen Baugruppen ist darauf zu achten, dass sich bei der Nachladung keine Knüppel im Bereich der Ausgangsposition der Baugruppe 10 befinden.

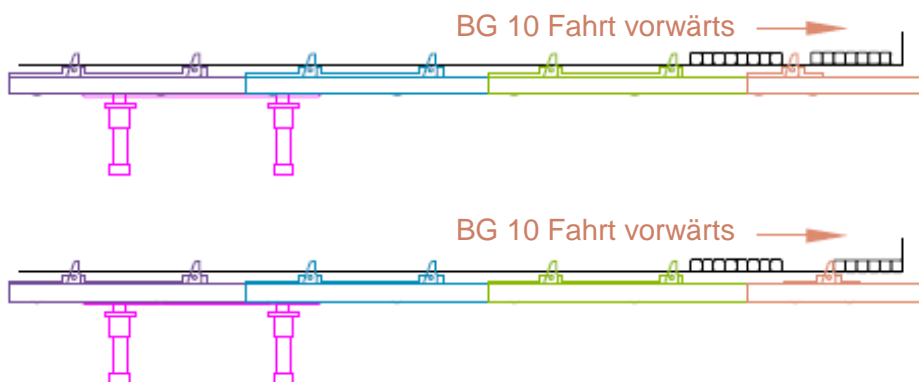


Abbildung 126: BG 10 Fahrt vorwärts bis Endposition

Auch hier gilt wiederum, sobald sich die Baugruppe 9 wieder in ihrem Ausgangszustand befindet, kann die Baugruppe 10 ihre Arbeit verrichten.

Diese Baugruppe fährt lediglich immer nur um einen Knüppel weiter, solange bis sich die Baugruppe soweit vorwärts bewegt hat, dass diese die Endposition erreicht hat. Die Baugruppe 10 kann sich aber erst vorwärts bewegen, wenn der Knüppel, der am Anschlag ansteht, weggehoben worden ist, siehe Detail *Bereich 5 – Übergabe Rollgang*.

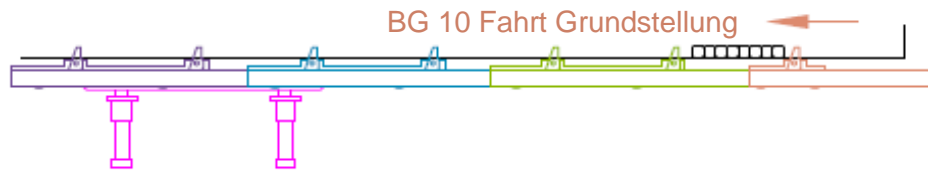


Abbildung 127: BG 10 Fahrt Grundstellung

Sobald die Baugruppe 10 ihre Endposition erreicht hat, kann diese wieder in die Grundstellung zurückfahren.

Wenn sich die Baugruppe 10 danach wieder in der Grundstellung befindet, kann die Baugruppe 9 die zweite Reihe in den Arbeitsbereich der Baugruppe 10 weiterschieben, damit der Arbeitsvorgang von neuem beginnen kann.

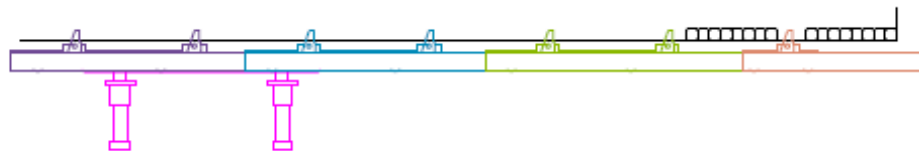


Abbildung 128: alle Baugruppen des Bereiches 4 – Quertransport wieder in der Grundstellung

Sobald sich die Knüppel im vorderen Abschnitt der Baugruppe 10 befinden ist der nächste Bereich arbeitsbereit.

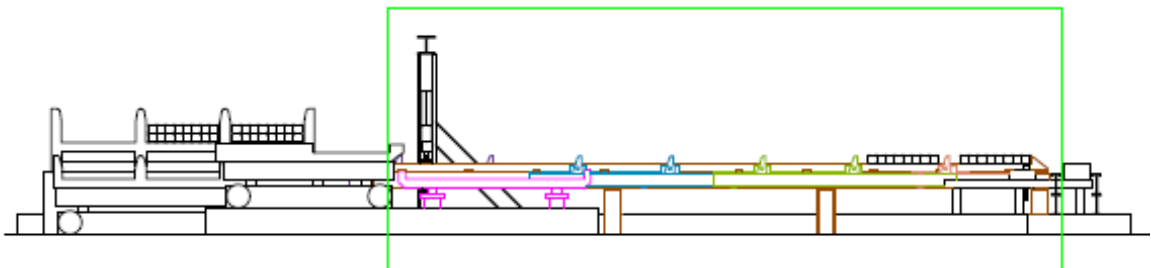


Abbildung 129: Vorderansicht, Bereich 4 – Quertransport am Ende der Arbeitsfolge

8.5 Bereich 5 – Übergabe Rollgang



Abbildung 130: Ablauf Bereich 5 – Übergabe Rollgang

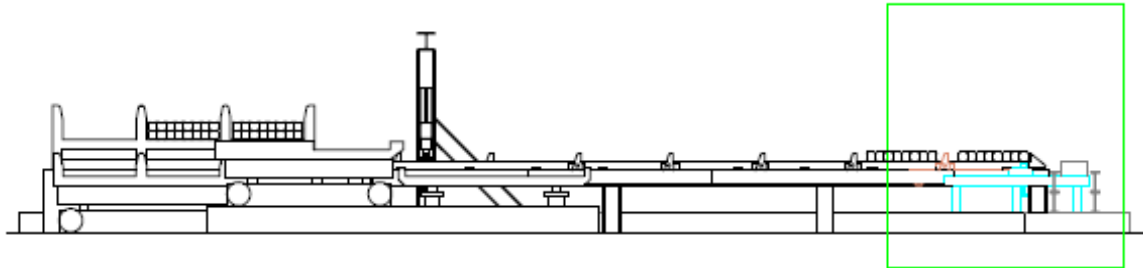


Abbildung 131: Vorderansicht, Bereich 5 – Übergabe Rollgang am Beginn der Arbeitsfolge

Der Bereich 5 setzt sich aus den Baugruppe 10 und 11 zusammen, sowie aus dem bestehenden Rollgang.

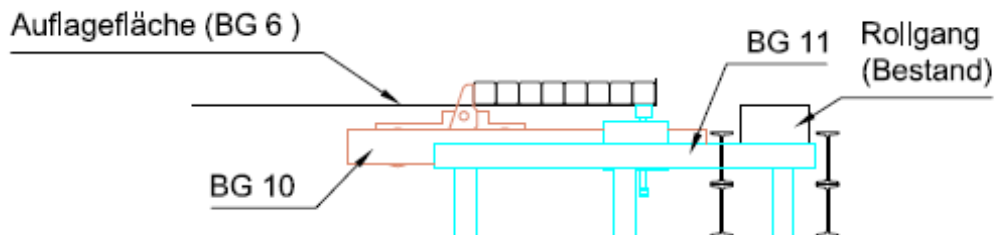


Abbildung 132: Grundstellung Bereich 5 – Übergabe Rollgang

Bei Beginn der Arbeitsfolge des Bereichs 5 müssen sich alle Baugruppen in der Grundstellung befinden.

Ist der Ablauf des Bereiches 4 erfolgt, und der Rollgang meldet „Rollgang leer“, d.h. auf dem Rollgang befindet sich kein Knüppel, kann die Arbeitsfolge im Bereich 5 – Übergabe Rollgang beginnen.

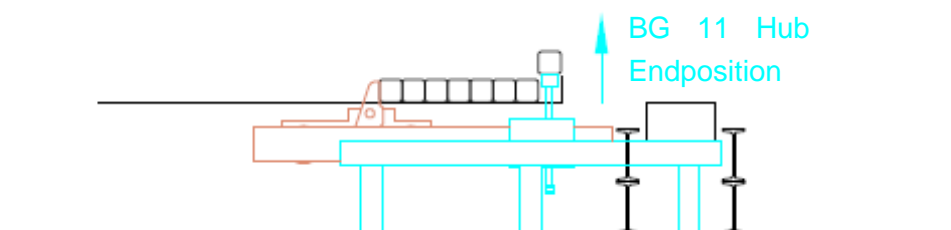


Abbildung 133: BG 11 Hub Endposition

Im ersten Schritt fährt mit Hilfe eines Hydraulikzylinders ein Stempel hoch. Bei diesem Hochfahren fährt der Hydraulikzylinder den gesamten Hubweg hoch und hebt so den Knüppel von der Schiene ab und über den Anschlag, siehe Bereich 3, drüber.

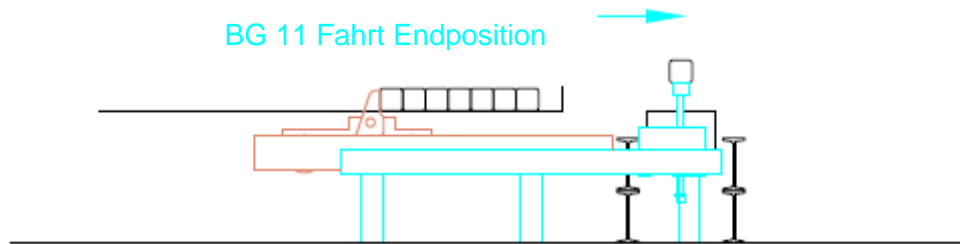


Abbildung 134: BG 11 Fahrt Endposition

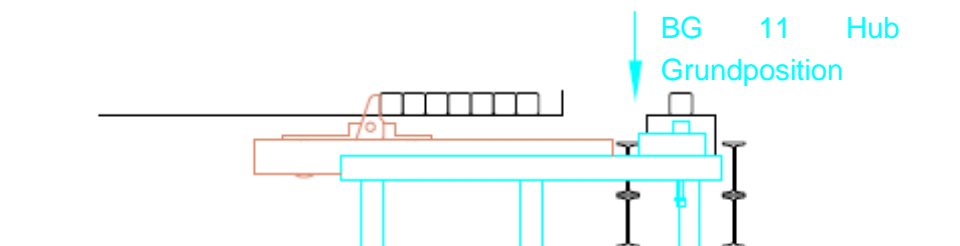


Abbildung 135: BG 11 Hub Grundstellung

Danach fährt ein Wagen, auf dem sich der oben beschriebene Hydraulikzylinder befindet, in die Mitte des bestehenden Rollganges, dies ist zugleich die Endposition des Hydraulikzylinders und legt den hochgehobenen Knüppel auf diesen Rollgang ab.

Beim Ablegen des Knüppels fährt der Hydraulikzylinder wieder in die Grundstellung zurück.

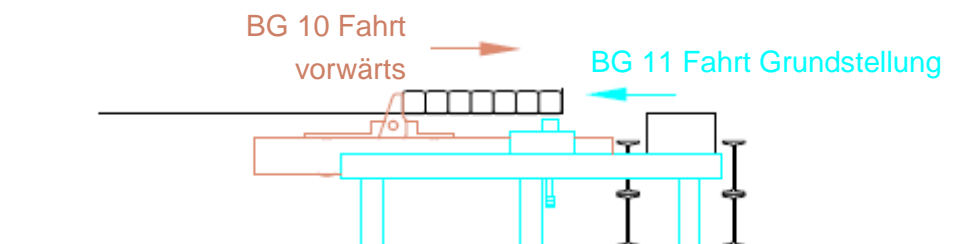


Abbildung 136: BG 10 Fahrt vorwärts, BG 11 Fahrt Grundstellung

Nachdem der Knüppel auf dem Rollgang abgelegt wird, kann die Baugruppe 10 einen Knüppel weiter Richtung Rollgang schieben, bis der Knüppel wieder beim Anschlag ansteht. Der Anschlag wird mit Drucksensoren ausgestattet, um der Baugruppe melden zu können, dass die Fahrt eingestellt werden muss.

Sobald sich der Hydraulikzylinder der Baugruppe 11 wieder in der Grundstellung befindet, d.h. der gesamte Hubweg wieder eingefahren ist, kann der Wagen wieder zurück in die Grundstellung fahren.

Wenn die Baugruppe 10 alle acht Knüppel abgearbeitet hat, kann, wie im Bereich 4 beschrieben, die Baugruppe 9 das nächste Paket in den Arbeitsbereich der Baugruppe 10 schieben.

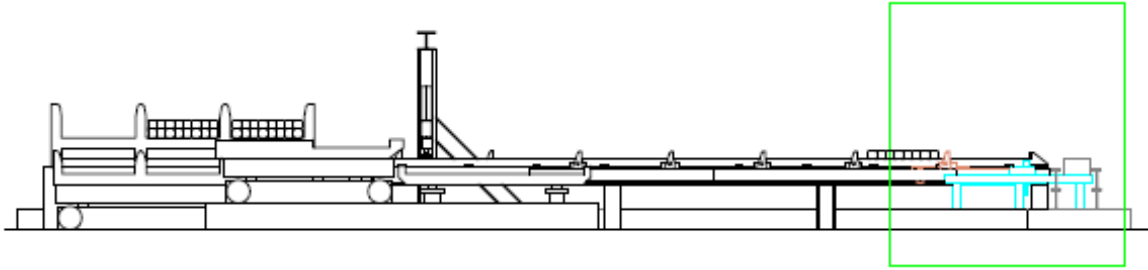


Abbildung 137: Vorderansicht, Bereich 5 – Übergabe Rollgang am Ende der Arbeitsfolge

9 Berechnung der Antriebe

Wie unter dem *Punkt 5 Kapazitäten Ist-Soll-Vergleich* angeführten Daten ersichtlich, soll die Kapazität der Anlage von bisher 3 Paketen (Anlieferung durch Kran) auf 7 Pakete erhöht werden um eine volle Auslastung im Soll-Zustand zu erreichen.

Um die Berechnungen für die Antriebe und die Hydraulikzylinder beginnen zu können, müssen vorab einige Definitionen erfolgen.

9.1 Definition Arbeitszyklus bzw. Durchlaufzeit

Aufgrund der vorhandenen Konstruktion der Anlage ist ersichtlich, dass es an der Baugruppe 11 – Übergabeeinheit zu einer Verzögerung der Materialflussgeschwindigkeit kommt (Manipulation der Knüppel einzeln durch Übergabewagen).

Folge dessen wird zur Berechnung der "kritische Manipulationszeit" der Anlage diese Baugruppe herangezogen, da ein Nachschub der Knüppel in der Zwischenzeit allemal erfolgen kann.

9.1.1 Berechnung "kritische Manipulationszeit"

9.1.1.1 Angaben

Durchsatzmenge max (Knüppel/h); begrenzt durch Hubbalkenofen:

$$M_{DU} := \frac{112}{h}$$

Befüllung aller Aufgabeeinheiten; Anlieferung durch Kran:

$$t_{bef} := 25min$$

Max. Auslastung der gesamten Ablage:

112 Knüppel/Stunde

112 Knüppel = 7 Pakete (à 25 Tonnen)

112 Knüppel = 174 Tonnen

9.1.1.2 max. Manipulationszeit je Knüppel:

$$t_{man_max} = \frac{60min}{Anzahl_Knüppel} = \frac{60min}{112}$$

$$t_{man_max} = 32.143s$$

Gewählte Manipulationszeit je Knüppel:

$$t_{\text{man_max_gew}} := 30\text{s}$$

9.1.2 Definition Arbeitszyklus-Übergabeeinheit (Baugruppe 11)

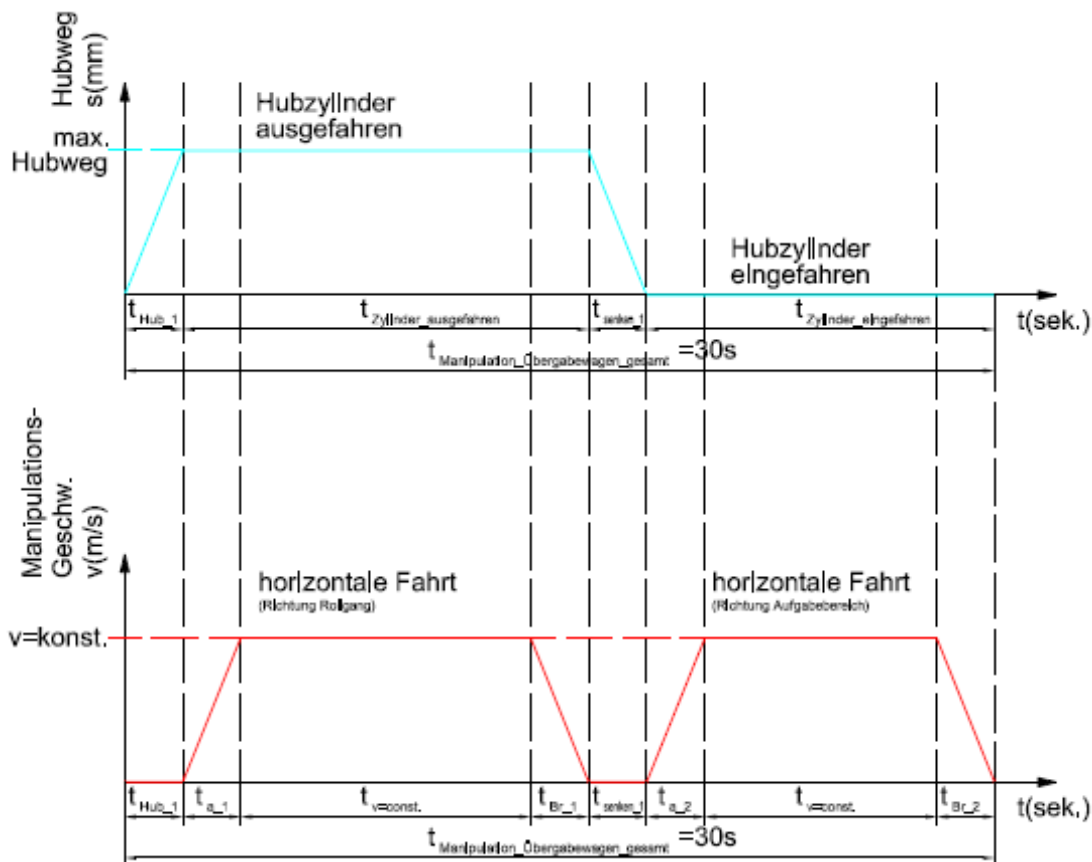


Abbildung 138: Hubweg-Zeit-Diagramm & Manipulationsgeschwindigkeit-Zeit-Diagramm

9.1.2.1 Annahme der einzelnen Zeitdauern

- Gesamtzeit Manipulation-Übergabewagen

$$t_{\text{gesamt}} := 30\text{s}$$

- Zeit Hubbewegung-Stempel

$$t_{\text{Hub}_1} := 2\text{s}$$

- Zeit Senkbewegung-Stempel

$$t_{\text{Senken}_1} := t_{\text{Hub}_1}$$

$$t_{\text{Senken}_1} = 2\text{s}$$

- Betrachtung eines halben Arbeitszyklus

Zeitdauer halber Arbeitszyklus

$$t_{\text{Hub}_1} + t_{a_1} + t_{v_{\text{const}}} + t_{B_1} = t_{\text{Manipulation_Übergabewagen_halberZyklus}} = \frac{t_{\text{gesamt}}}{2}$$

- Zeit Beschleunigung Übergabewagen
 $t_{a_1} := 2s$
- Zeit Abbremsen Übergabewagen
 $t_{Br_1} := 2s$
- Zeit horizontale Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit

$$t_{v_const} := \frac{t_{gesamt}}{2} - t_{a_1} - t_{Br_1}$$
 $t_{v_const} = 11s$

9.1.2.2 Berechnung der notwendigen Fördergeschwindigkeit des Übergabewagens aufgrund der errechneten Manipulationszeit

- Allgemeine Formeln
Weg = Geschwindigkeit · Zeit
 $s = v \cdot t$
- Auf die Anforderungen umgelegt
Restlänge der Schiene Übergabeeinheit
 $L_{Schiene_Rest_ÜE} := 2290mm - 73.5mm - 913mm$
 $L_{Schiene_Rest_ÜE} = 1303.5mm$
Radstand des Übergabewagens
 $L_{Radstand_ÜW} := 417mm$
Fahrtstrecke des Übergabewagens auf Laufschiene der Übergabeeinheit
 $s_{Fahrt_ÜW} := L_{Schiene_Rest_ÜE} - L_{Radstand_ÜW}$
 $s_{Fahrt_ÜW} = 886.5mm$
 - Berechnung der notwendigen Fördergeschwindigkeit

$$v_{Förder_notw_ÜW} := \frac{s_{Fahrt_ÜW}}{t_{v_const}}$$

$$v_{Förder_notw_ÜW} = 0.081 \frac{m}{s}$$
 - Daraus ergibt sich eine gewählte max. Fördergeschwindigkeit

$$v_{Förder_gew} := 0.2 \frac{m}{s}$$

$$v_{Förder_gew} > v_{Förder_notw_ÜW}$$

Diese Bedingung muss erfüllt sein, um die geforderte Durchsatzmenge erreichen zu können.

9.2 Bestimmung der Eigengewichtsbelastung

Es wird in den nachfolgenden Berechnungen nur eine Baugruppe genauer betrachtet, da es sich immer um den gleichen Rechengang handelt, und dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Die Berechnung erfolgt anhand der Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen.

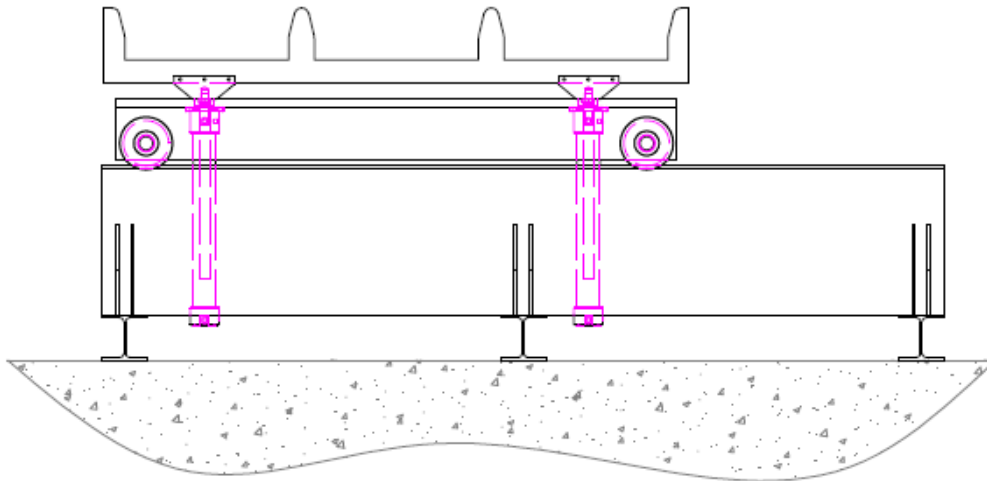


Abbildung 139: Ansicht Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen

Technische Daten der Baugruppe 2:

Aufbau:

oberes Blech	BL50x550x3700mm	S235	1 Stk.	799kg
Seitenblech	BL40x350x3700mm	S235	2 Stk.	813kg
Stegblech	BL40x320x440mm	S235	5 Stk.	221kg

Laufräder:

Innen o. Führung	D300x80mm	S355	2 Stk.	90kg
Außen m. Führung	D350x80mm	S355	2 Stk.	120kg
Schräggugellager	FAG		4 Stk.	
Welle/Achse	D74x688mm	S355	2 Stk.	46,4kg
Abdeckung	D150x3mm	S235	4 Stk.	1,7kg
Scheibe	D75x5mm	S235	4 Stk.	0,7kg
Schrauben	M10x35mm		24 Stk.	2kg
Schrauben	M12x30mm		4 Stk.	

Aufnahme Hydraulikzylinder:

Zwischenstück	70x150x400mm (voll)		2 Stk.	66kg
---------------	---------------------	--	--------	------

Führungsblech:

Führungsblech	BL50x492x3850mm		1 Stk.	750kg
---------------	-----------------	--	--------	-------

9.2.1 Eigengewicht Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen

- **Aufbau:**
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{Aufbau}} := 799\text{kg} + 813\text{kg} + 221\text{kg}$
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{Aufbau}} = 1833\text{kg}$
- **Laufräder:**
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{Laufräder}} := 90\text{kg} + 120\text{kg} + 46.4\text{kg} + 1.7\text{kg} + 0.7\text{kg} + 2\text{kg}$
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{Laufräder}} = 260.8\text{kg}$
- **Restliche Bauteile:**
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{restl.Bauteile}} := 66\text{kg} + 750\text{kg}$
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{restl.Bauteile}} = 816\text{kg}$
- **Gesamt:**
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W.}} := m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{Aufbau}} + m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{Laufräder}} + m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W}_\text{restl.Bauteile}}$
 $m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W.}} = 2909.8\text{kg}$
- **Gewichtsbelastung durch Knüppel:**
Knüppelanzahl bei max. Auslastung der Aufgabestation: 112 Knüppel
Gesamtgewicht bei max. Auslastung
 $m_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{max}} := 174\text{t} = 174000\text{kg}$
Anzahl der Baugruppe
 $n_{\text{verf.W}} := 4$
 - **Gewichtsbelastung Knüppel / Wagen:**
 $m_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{verf.W}} := \frac{m_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{max}}}{4}$
 $m_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{verf.W}} = 43500\text{kg}$
 - **Gewichtskraft Knüppel / Wagen:**
 $F_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{verf.W}} := m_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{verf.W}} \cdot g$
 $F_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{verf.W}} = 426.589\text{kN}$
 - **Gewichtskraft Eigengewicht:**
 $F_{\text{G}_\text{Eigengewicht}_\text{verf.W}} := m_{\text{Eigengew.}_\text{verf.W.}} \cdot g$
 $F_{\text{G}_\text{Eigengewicht}_\text{verf.W}} = 28.535\text{kN}$
- **Gewichtsbelastung gesamt je verfahrbaren Wagen:**
 $F_{\text{G}_\text{verf.W}_\text{gesamt}} := F_{\text{G}_\text{Knüppel}_\text{verf.W}} + F_{\text{G}_\text{Eigengewicht}_\text{verf.W}}$
 $F_{\text{G}_\text{verf.W}_\text{gesamt}} = 455.125\text{kN}$

9.3 Aufstellung der Bewegungsgleichung und Ermittlung der notwendigen Kettenzugkraft

9.3.1 Freischnitt gesamt

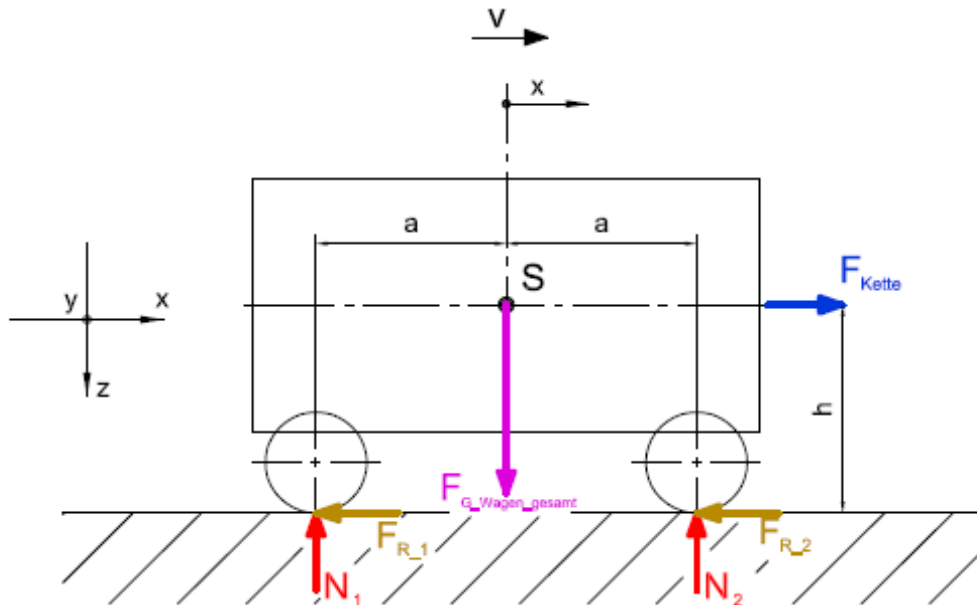


Abbildung 140: Freischnitt der Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen

9.3.1.1 Aufstellung der Gleichgewichtsbedingungen

Vorangehende Definitionen:

Gesamtgewichtsbelastung Baugruppe 2 -verfahrbarer Wagen

$$m_{\text{verf.W}_{\text{ges}}} := m_{\text{G}_{\text{Knüppel}_{\text{verf.W}}} + m_{\text{Eigengew.}_{\text{verf.W}}}.$$

$$m_{\text{verf.W}_{\text{ges}}} = 46409.8\text{kg}$$

Reibbeiwert „ μ “ (Reibpaarung Stahl/Stahl)

$$\mu_{\text{St}} := 0.02$$

Abstand Radmitte zu Schwerpunkt

$$a := 1650\text{mm}$$

Abstand vertikal Schwerpunkt – Radaufstandspunkt

$$h := 350\text{mm}$$

Laufreddurchmesser

$$d_{\text{Laufad}} := 300\text{mm}$$

$$r_{\text{Lauftrad}} := \frac{d_{\text{Lauftrad}}}{2}$$

$$r_{\text{Lauftrad}} = 150 \text{ mm}$$

- X-Richtung

$$m_{\text{verf.W_ges}} \cdot a_{\text{verf.W}} = F_{\text{Kette_verf.W}} - F_{\text{R1_verf.W}} - F_{\text{R2_verf.W}}$$

- Y-Richtung

$$N_{1_verf.W} + N_{2_verf.W} - F_{\text{G_verf.W_gesamt}} = 0$$

- Momenten-Gleichgewicht um Drehpunkt „A“

$$F_{\text{Kette_verf.W}} \cdot h - N_{2_verf.W} \cdot 2a + F_{\text{G_verf.W_gesamt}} \cdot a = 0$$

Daraus folgt:

$$N_{1_verf.W} = F_{\text{G_verf.W_gesamt}} - N_{2_verf.W}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W}} = F_{\text{R1_verf.W}} + F_{\text{R2_verf.W}} + m_{\text{verf.W_ges}} \cdot a_{\text{verf.W}}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W}} = \frac{N_{2_verf.W} \cdot 2a - F_{\text{G_verf.W_gesamt}} \cdot a}{h}$$

Momenten-Gleichgewicht der Kraftkomponenten in z-Richtung (vertikale Richtung)

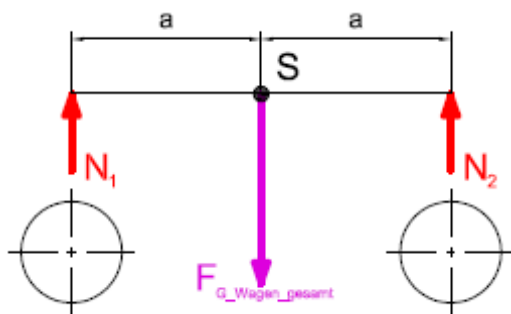


Abbildung 141: Abstraktion der gegebenen Situation als Träger auf 2 Stützen

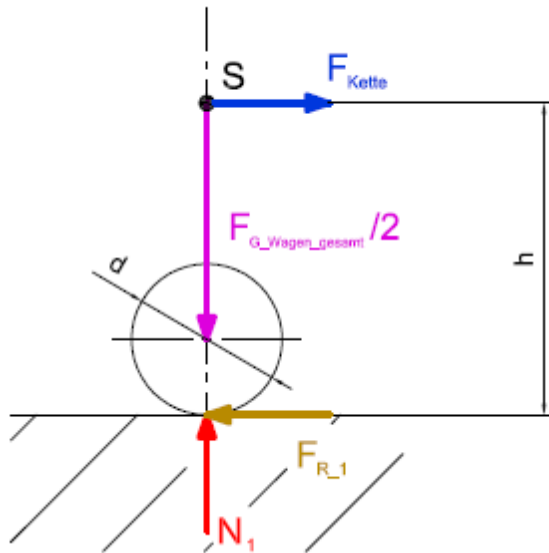


Abbildung 142: Abstraktion einer Achse

$$N_{1_verf.W} \cdot a - N_{2_verf.W} \cdot a = 0$$

$$N_{1_verf.W} = N_{2_verf.W}$$

Diese Bedingung oben einsetzen, daraus ergibt sich

$$N_{1_verf.W} + N_{1_verf.W} - F_{G_verf.W_gesamt} = 0$$

$$N_{1_verf.W} := \frac{F_{G_verf.W_gesamt}}{2}$$

$$N_{1_verf.W} = 227.562 \text{ kN}$$

Rückeinsetzen

$$N_{2_verf.W} := F_{G_verf.W_gesamt} - N_{1_verf.W}$$

$$N_{2_verf.W} = 227.562 \text{ kN}$$

Ermittlung der Reibkräfte unter Berücksichtigung des Reibwertes " μ " der Werkstoffpaarung

$$F_R = \mu \cdot N$$

$$F_{R1_verf.W} := \mu_{St} \cdot N_{1_verf.W}$$

$$F_{R1_verf.W} = 4.551 \text{ kN}$$

$$F_{R2_verf.W} := \mu_{St} \cdot N_{2_verf.W}$$

$$F_{R2_verf.W} = 4.551 \text{ kN}$$

Ermittlung der erforderlichen Kettenzugkraft

$$F_{Kette_verf.W} = F_{R1_verf.W} + F_{R2_verf.W} + m_{verf.W_ges} \cdot a_{verf.W}$$

gewählte Fördergeschwindigkeit (oben ermittelt)

$$v_{Förder_gew} = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v_{\text{Förder_gew}} > v_{\text{Förder_notw_ÜW}}$$

Diese Bedingung muss, wie schon erwähnt, erfüllt sein, um die geforderte Durchsatzmenge erreichen zu können.

$$v = a \cdot t$$

$$v_{\text{Förder_gew}} = a_{\text{verf.W_erf}} \cdot t_{a_1}$$

Beschleunigungszeit der Baugruppe 2 – verfahrbarer Wagen aus Arbeitszyklus ermittelt
 $t_{a_1} = 2 \text{ s}$

Ermittlung der erforderlichen Beschleunigung für die gewählte Fördergeschwindigkeit

$$a_{\text{verf.W_erf}} := \frac{v_{\text{Förder_gew}}}{t_{a_1}}$$

$$a_{\text{verf.W_erf}} = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Oben eingesetzt

$$F_{\text{Kette_verf.W}} := F_{R1_verf.W} + F_{R2_verf.W} + m_{\text{verf.W_ges}} \cdot a_{\text{verf.W_erf}}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W}} = 13.743 \text{ kN}$$

9.3.2 Auswahl einer geeigneten Kette / Kettenrad für die geforderte Anwendung

9.3.2.1 Statische Kettenzugkraft an der Baugruppe 2 –verfahrbaren Wagen

$$F_{\text{Kette_verf.W}} = 13.743 \text{ kN}$$

Wirkungsgrad eines Kettentriebes (Annahme: schlechter Fall)

$$\eta_{\text{Kette}} := 0.97$$

9.3.2.2 Tatsächliche statische Zugkraft der Kette an dem Kettenrad

$$F_{\text{Kette_verf.W_Kettenrad}} := \frac{F_{\text{Kette_verf.W}}}{\eta_{\text{Kette}}}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W_Kettenrad}} = 14.169 \text{ kN}$$

9.3.2.3 Resultierende Betriebskraft in der Kette

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges}} = F_{\text{Kette_verf.W}} + F_{Z_Kette_verf.W} + F_{S_Kette_verf.W}$$

Fliehzug „F_z“

Gegenkraft zur Fliehkraft! Darf ab $v > 7 \text{ m/s}$ nicht vernachlässigt werden!

$$v_{\text{Förder_gew}} = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad v_{\text{Förder_gew}} \leq 7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

daraus ergibt sich, dass der "Fliehzug" vernachlässigt werden kann

$$F_Z = q \cdot v_{\text{Kette}}^2$$

$$F_{Z_Kette_verf.W} := 0\text{N}$$

q...Längengewicht der Kette

v...Kettengeschwindigkeit

Stützzug „F_s“

Muss besonders bei längeren, nicht abgestützten Ketten betrachtet werden.

$$F_{S_Kette_verf.W} = \frac{1.25 F_{G_Kette_verf.W} \cdot L_T}{f_{\text{rel}}}$$

Gesamtlänge der Kette

$$L_{\text{Kette_verf.W}} := 15\text{m}$$

großzügige Annahme

Annahme der Trumlänge

$$L_T := \frac{L_{\text{Kette_verf.W}}}{2}$$

$$L_T = 7.5\text{m}$$

Durchhang der Kette

$$f_{\text{rel}} := \frac{2}{100}$$

Längengewicht der Kette (vorläufige Annahme, viel höher als notwendig)

$$q_{\text{Kette_verf.W}} := 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Gewicht der Kette

$$m_{G_Kette_verf.W} := q_{\text{Kette_verf.W}} \cdot L_{\text{Kette_verf.W}}$$

$$m_{G_Kette_verf.W} = 900\text{kg}$$

Gewichtskraft der Kette

$$F_{G_Kette_verf.W} := m_{G_Kette_verf.W} \cdot g$$

$$F_{G_Kette_verf.W} = 8.826\text{kN}$$

Stützzug „F_s“

$$F_{S_Kette_verf.W} := 1.25 (q_{\text{Kette_verf.W}} \cdot L_T \cdot g)$$

$$F_{S_Kette_verf.W} = 5.516\text{kN}$$

Resultierende Betriebskraft in der Kette

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges}} := F_{\text{Kette_verf.W}} + F_{Z_Kette_verf.W} + F_{S_Kette_verf.W}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges}} = 19.26\text{kN}$$

9.3.2.4 Tatsächlich notwendige Betriebskraft in der Kette unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges_tats}} := \frac{F_{\text{Kette_verf.W_ges}}}{\eta_{\text{Kette}}}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges_tats}} = 19.855 \text{ kN}$$

9.3.2.5 Auswahl einer Kette aus einem Katalog

Es wurde hier eine Kette der Firma Wippermann gewählt. Anbei ein Auszug aus der Tabelle der technischen Daten für „Einfach-Rollenketten nach der DIN 8187-1“.

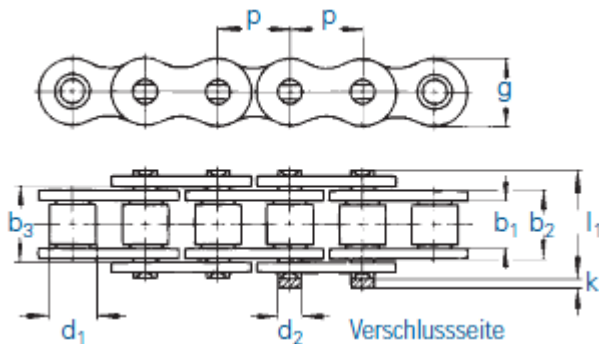


Abbildung 143: Einfach-Rollenketten nach der DIN 8187-1, Fa. Wippermann [11]

Tabelle 12: Tabelle der technischen Daten, Fa. Wippermann [11]

Ketten Nr.	548
DIN	16 B-1
Teilung P	25,4mm
Innere Breite b₁	17,02mm
Innengliedbreite b₂	25,40mm
Rollendurchmesser d₁	15,88mm
Bolzendurchmesser d₂	8,28mm
Bruchkraft F_B	72,0kN
Gewicht	2,68kg/m

$$F_{\text{Kette_Zug_zul}} := 72 \text{ kN}$$

$$q_{\text{Kette_verf.W_IST}} := 2.68 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges_tats}} < F_{\text{Kette_Zug_zul}}$$

Diese Bedingung muss erfüllt sein, um eine Sicherheit der Kette gegen Bruch im Betrieb zu gewährleisten!

9.3.2.6 Antriebsleistung an Kettenrad

$$P_{\text{ab_Getriebe}} = \frac{P_{\text{Kettentrieb}}}{\eta_{\text{Kette}} \cdot c_{B_Kette}}$$

9.3.2.7 Sicherheit der Kette gegen Bruch (durch reine Zugbeanspruchung)

Betriebsfaktor; hin- und hergehende, stoßhafte Bewegungen

$$c_{B_Kettentrieb} := 1.8$$

$$S_{\text{Buch_Kette}} := \frac{F_{\text{Kette_Zug_zul}}}{F_{\text{Kette_verf.W_ges_tats}} \cdot c_{B_Kettentrieb}}$$

$$S_{\text{Buch_Kette}} = 2.015$$

9.3.2.8 Tatsächliche Werte gerechnet mit der gewählten Kette

Längengewicht der Kette tatsächlich:

$$q_{\text{Kette_verf.W_IST}} = 2.68 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Gewicht der Kette

$$m_{\text{G_Kette_verf.W_IST}} := q_{\text{Kette_verf.W_IST}} \cdot L_{\text{Kette_verf.W}}$$

$$m_{\text{G_Kette_verf.W_IST}} = 40.2 \text{ kg}$$

Gewichtskraft der Kette

$$F_{\text{G_Kette_verf.W_IST}} := m_{\text{G_Kette_verf.W_IST}} \cdot g$$

$$F_{\text{G_Kette_verf.W_IST}} = 0.394 \text{ kN}$$

Stützzug „Fs“

$$F_{\text{S_Kette_verf.W_IST}} := 1.25 (q_{\text{Kette_verf.W_IST}} \cdot L_T \cdot g)$$

$$F_{\text{S_Kette_verf.W_IST}} = 0.246 \text{ kN}$$

- tatsächliche resultierende Betriebskraft in der Kette

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges_IST}} := F_{\text{Kette_verf.W}} + F_{\text{Z_Kette_verf.W}} + F_{\text{S_Kette_verf.W_IST}}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges_IST}} = 13.99 \text{ kN}$$

- tatsächliche notwendige Betriebskraft in der Kette unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges_tats_IST}} := \frac{F_{\text{Kette_verf.W_ges_IST}}}{\eta_{\text{Kette}}}$$

$$F_{\text{Kette_verf.W_ges_tats_IST}} = 14.423 \text{ kN}$$

- tatsächliche Sicherheit der Kette gegen Bruch (durch reine Zugbeanspruchung)
Betriebsfaktor; hin- und hergehende, stoßhafte Bewegungen

$$c_{B_Kettentrieb} := 1.8$$

$$S_{Buch_Kette_IST} := \frac{F_{Kette_Zug_zul}}{F_{Kette_verf.W_ges_tats_IST} \cdot c_{B_Kettentrieb}}$$

$$S_{Buch_Kette_IST} = 2.773$$

9.3.2.9 Auswahl eines Ketterades aus einem Katalog

Es wurde eine Ketterad der Firma Wippermann gewählt. Anbei ein Auszug aus der Tabelle der technischen Daten für „Kettenräder für Rollenketten nach der DIN 8187“.

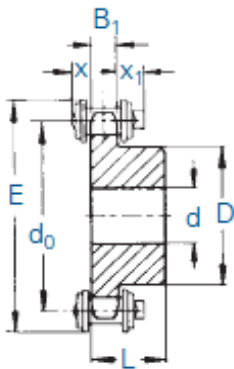


Abbildung 144: Kettenräder für Rollenketten nach der DIN 8187, Fa. Wippermann [12]

Tabelle 13: Tabelle der technischen Daten für das Kettenrad, Fa. Wippermann [12]

Ketten Nr.	548 16 B-1
Zahnbreite	16,2mm
Zähnezahl	14
d₀	138,23mm
E_{max}	160mm
d	20mm
D	100mm
L	45mm

Gewähltes Kettenrad 548 16 B-1 nach DIN 8187; siehe *Kapitel 9.3.2.5 Auswahl einer Kette aus einem Katalog*.

Zähnezahl

$$z_{Kettenrad_verf.W} := 17$$

Wälzkreisdurchmesser

$$d_{0_Kettenrad_verf.W} := 138.23\text{mm}$$

$$r_{0_Kettenrad_verf.W} := \frac{d_{0_Kettenrad_verf.W}}{2}$$

$$r_{0_Kettenrad_verf.W} = 69.115\text{mm}$$

9.3.2.10 Kraftsituation an Kettenrad

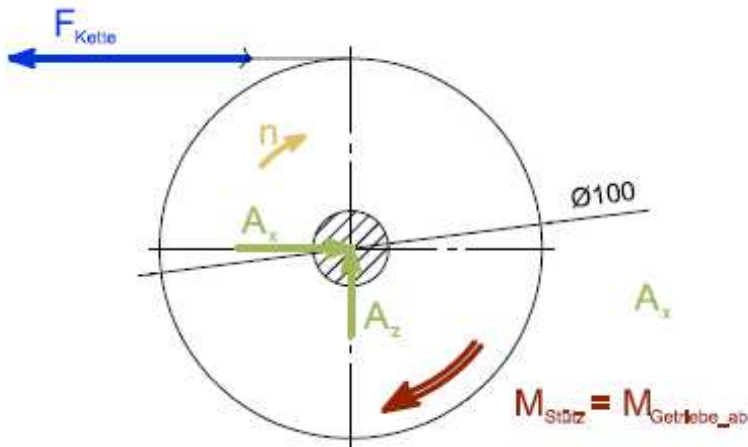


Abbildung 145: Freikörperbild „Kettenrad“

- Momentengleichgewicht an Kettenrad

$$\sum_i M(DP) = 0$$

$$F_{Kette_verf.W_tats} \cdot r_{Kettenrad} - M_{Stütz_Kettenrad} = 0$$

$$M_{Stütz_Kettenrad} := F_{Kette_verf.W_ges_tats} \cdot r_{0_Kettenrad_verf.W}$$

$$M_{Stütz_Kettenrad} = 1372.304\text{Nm}$$

- tatsächliches Stützmoment (gewählte Kette)

$$M_{Stütz_Kettenrad_IST} := F_{Kette_verf.W_ges_tats_IST} \cdot r_{0_Kettenrad_verf.W}$$

$$M_{Stütz_Kettenrad_IST} = 996.814\text{Nm}$$

9.4 Berechnung der erforderlichen Antriebsleistung (E-Motor)

9.4.1 Geforderte Antriebsleistung am Kettenrad

9.4.1.1 geforderte Antriebsleistung am Kettenrad = Abtriebsleistung Getriebe

$$P_{an_Kettenrad_verf.W} = P_{ab_Getrieb_verf.W}$$

9.4.1.2 Allgemein

$$P = M \cdot \omega$$

$$P_{\text{an_Kettenrad_verf.W}} = M_{\text{Stütz_Kettenrad}} \cdot \omega_{\text{Kettenrad_verf.W}}$$

9.4.1.3 Winkelgeschwindigkeit Kettenrad

$$\omega_{\text{Kettenrad_verf.W}} := \frac{v_{\text{Förder_gew}}}{r_{0_Kettenrad_verf.W} \cdot \eta_{\text{Kette}}}$$

$$\omega_{\text{Kettenrad_verf.W}} = 2.983 \frac{1}{s}$$

9.4.1.4 Drehzahl am Kettenrad

Drehzahl am Kettenrad = Abtriebsdrehzahl vom Getriebe

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$$

$$n_{\text{Kettenrad_verf.W}} := \frac{\omega_{\text{Kettenrad_verf.W}}}{2\pi}$$

$$n_{\text{Kettenrad_verf.W}} = 28.488 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{\text{ab_Getriebe_verf.W}} := n_{\text{Kettenrad_verf.W}}$$

$$n_{\text{ab_Getriebe_verf.W}} = 28.488 \text{ min}^{-1}$$

9.4.1.5 Erforderliche Leistung am Kettenrad

$$P_{\text{an_Kettenrad_verf.W}} := M_{\text{Stütz_Kettenrad}} \cdot \omega_{\text{Kettenrad_verf.W}} \cdot c_{B_Kettentrieb}$$

$$P_{\text{an_Kettenrad_verf.W}} = 7.369 \text{ kW}$$

9.4.1.6 Erforderliche Leistung am Kettenrad mit angepasstem Kettengewicht

$$P_{\text{an_Kettenrad_verf.W_IST}} := M_{\text{Stütz_Kettenrad_IST}} \cdot \omega_{\text{Kettenrad_verf.W}} \cdot c_{B_Kettentrieb}$$

$$P_{\text{an_Kettenrad_verf.W_IST}} = 5.353 \text{ kW}$$

9.4.2 Leistung am Getriebe

- Leistung am Getriebe (Ausgangsseite)

$$P_{\text{ab_Getriebe_verf.W}} := P_{\text{an_Kettenrad_verf.W}}$$

$$P_{\text{ab_Getriebe_verf.W}} = 7.369 \text{ kW}$$

- Leistung am Getriebe (Ausgangsseite) mit angepasstem Kettengewicht

$$P_{\text{ab_Getriebe_verf.W_IST}} := P_{\text{an_Kettenrad_verf.W_IST}}$$

$$P_{\text{ab_Getriebe_verf.W_IST}} = 5.353 \text{ kW}$$

- Leistung am Getriebe (Eingangsseite)

lt. Hersteller (Nord Drivesystems)

$$\eta_{\text{Getriebe}} := 0.9$$

$$\eta_{\text{Getriebe}} = \frac{P_{\text{ab_Getriebe}}}{P_{\text{an_Getriebe}}}$$

Wirkungsgrad des Getriebes

$$P_{\text{an_Getriebe_verf.W}} := \frac{P_{\text{ab_Getriebe_verf.W}}}{\eta_{\text{Getriebe}}}$$

$$P_{\text{an_Getriebe_verf.W}} = 7.676 \text{ kW}$$

- Leistung am Getriebe (Eingangsseite) mit angepasstem Kettengewicht

$$P_{\text{an_Getriebe_verf.W_IST}} := \frac{P_{\text{ab_Getriebe_verf.W_IST}}}{\eta_{\text{Getriebe}}}$$

$$P_{\text{an_Getriebe_verf.W_IST}} = 5.576 \text{ kW}$$

9.4.3 Antriebsleistung des E-Motors

Es ergibt sich eine erforderliche Antriebsleistung des E-Motors wie folgt.

- Erforderliche Antriebsleistung E-Motor

$$P_{\text{Motor_verf.W}} := P_{\text{an_Getriebe_verf.W}}$$

$$P_{\text{Motor_verf.W}} = 7.676 \text{ kW}$$

- Erforderliche Antriebsleistung E-Motor mit angepasstem Kettengewicht

$$P_{\text{Motor_verf.W_IST}} := P_{\text{an_Getriebe_verf.W_IST}}$$

$$P_{\text{Motor_verf.W_IST}} = 5.576 \text{ kW}$$

9.4.4 Auswahl eines E-Motors

9.4.4.1 Erforderliche Antriebsleistung

- Erforderliche Antriebsleistung mit angenommenen Kettengewicht ($q=60 \text{ kg/m}$)

$$P_{\text{Motor_verf.W}} = 7.676 \text{ kW}$$

- erforderliche Antriebsleistung mit angepasstem Kettengewicht ($q=2.68 \text{ kg/m}$)

$$P_{\text{Motor_verf.W_IST}} = 5.576 \text{ kW}$$

9.4.4.2 erforderliche Abtriebsdrehzahl des Motors

$$n_{\text{ab_Getriebe_verf.W}} = 28.488 \text{ min}^{-1}$$

9.4.4.3 erforderliches Abtriebsmoment des Motors

- Erforderliches Abtriebsmoment des Motors mit angenommenem Kettengewicht ($q=60\text{kg/m}$)
 $M_{\text{Stütz_Kettenrad}} = 1372.304\text{Nm}$
- erforderliches Abtriebsmoment des Motors mit angepasstem Kettengewicht ($q=2.68\text{kg/m}$)
 $M_{\text{Stütz_Kettenrad_IST}} = 996.814\text{Nm}$

Aufgrund der Tatsache, dass das Kettengewicht nicht annähernd die Annahme von ($q=60\text{kg/m}$) erreicht und die gewählte Kette mit einem Längengewicht von $q=2.68\text{kg/m}$ weit darunter liegt wird folgender E-Motor ausgewählt.

Tabelle 14: Tabelle der technischen Daten für den E-Motor, Fa. SevaTec [13]

Type	MV503-132M/4
Leistung	7,5kW
Abtriebswelle Drehzahl	30min^{-1}
Abtriebswelle Drehmoment	2234Nm
Übersetzung	45,97
Nennstrom	15,8A
Gewicht	176kg

9.5 Auswahl der Stirnradgetriebemotoren

Tabelle 15: Übersicht der gewählten Stirnradgetriebemotoren

Bezeichnung	Gewählter Motor							
	Hersteller	Type	Leistung	Drehzahl	Nennmoment	Übersetzung	Nennstrom	Gewicht
BG 2	Seva-Tec	NV503-132M/4	7,5kW	30min ⁻¹	2234Nm	45,97	15,8A	176kg
BG 3	Seva-Tec	NV373-112M/4	4,0kW	65min ⁻¹	562Nm	21,65	8,6A	74kg
BG 7,8,9	Seva-Tec	NV282-100L/4a	2,2Kw	65min ⁻¹	312Nm	21,66	5,3A	54kg
BG 10	Seva-Tec	NV282-100L/4a	2,2kW	65min ⁻¹	312Nm	21,66	5,3A	54kg
BG 11	Seva-Tec	NV282-100L/4a	2,2kW	65min ⁻¹	312Nm	21,66	5,3A	54kg

10Fazit

Durch die neue Prozessgestaltung der Anlage ergeben sich nachfolgende Erkenntnisse:

- Steuerung von Qualität und Quantität möglich
- Durchsatzsteigerung von nahezu 100 %
Betrachtet man die Ist-Situation, sieht man, dass die Anlage mit maximal 3 Paketen beschickt werden kann. Die neu geplante Anlage kann mit maximal 7 Paketen beschickt werden.
- Logistikvorteile
Da der Kran nicht nur rein zur Befüllung der Anlage dient, sondern auch zur Entladung der Knüppel für das Halbzeug-Lager, hat dieser nun mehr Zeit zur Verfügung, um die ankommenden Waggons der internen Werksbahn zu entladen.
- Instandhaltungskosten werden gesenkt
Durch die geringere Auslastung des Laufkrans werden die Revisionszeiten verlängert und somit die Instandhaltungskosten verringert.
- Betriebskosten werden gesenkt
Der Kran hat eine Zeitersparnis bei der Anlieferung der Knüppel für die Aufgabeeinheiten.
- Vollautomatisierte Anlage
Durch den automatisierten Betrieb der Anlage ist es möglich, einen mannlosen Betrieb durchzuführen, dadurch wird auch die Unfallgefahr verringert.
- Rasches Anfahren möglich
Trotz eines Walzabbruches können alle drei Aufgabeeinheiten befüllt werden, d.h. beim Wiederauffahren der Walzstraße ist ein sofortiges Anfahren möglich, ohne erst die Knüppelaufgabestation wieder neu beschicken zu müssen.

Literatur

- [1] Geschichtclub Alpine. URL: <http://www.geschichteclubalpine.at/>, verfügbar am 19.09.2012

- [2] voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG: Werksführung. URL: http://www.voestalpine.com/stahldonawitz/de/company/locations/plant_to_ur.html, verfügbar am 19.09.2012

- [3] voestalpine Schiene GmbH: Kopfgehärtete Schienen. URL: http://www.voestalpine.com/schienen/de/products/railway_infrastructure/ails/headhardened_rails.html, verfügbar am 20.09.2012

- [4] voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG: Roheisenerzeugung. URL: <http://www.voestalpine.com/stahldonawitz/de/op2/produktion/roheisenerzeugung.html>, verfügbar am 20.09.2012

- [5] voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG: Stahlerzeugung. URL: <http://www.voestalpine.com/stahldonawitz/de/op2/produktion/stahlerzeugung.html>, verfügbar am 20.09.2012

- [6] voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG: Roheisengranulierung. URL: <http://www.voestalpine.com/stahldonawitz/de/op2/produktion/roheisengranulierung.html>, verfügbar am 20.09.2012

- [7] voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG: Stranggießanlage. URL: <http://www.voestalpine.com/stahldonawitz/de/op2/produktion/stranggießanlagen.html>, verfügbar am 20.09.2012

- [8] voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG: Walzstrasse. URL: <http://www.voestalpine.com/stahldonawitz/de/op2/produktion/walzstrasse.html>, verfügbar am 20.09.2012
- [9] voestalpine Tubulars GmbH: Seamless Steel Tubes. URL: <http://www.voestalpine.com/tubulars/en/products/tubes.html>, verfügbar am 20.09.2012
- [10] voestalpine Stahl Donawitz GmbH & Co KG: Stahlblöcke. URL: <http://www.voestalpine.com/stahldonawitz/de/products/steelblooms.html>, verfügbar am 20.09.2012
- [11] Wippermann jr. GmbH: Rollenketten nach DIN 8187 und DIN 8188 für den Einsatz im Maschinen- und Anlagenbau. Seite 10. URL: <http://www.wippermann.com/data-live-wippermann/docs/pdf/ketten/Rollenketten.pdf>, verfügbar am 21.09.2012
- [12] Wippermann jr. GmbH: Kettenräder für Rollenketten. Seite 81. URL: <http://www.wippermann.com/data-live-wippermann/docs/pdf/kettenraeder/kettenraeder-rollenketten-wippermann.pdf>, verfügbar am 21.09.2012
- [13] SEVA-tec GmbH: Stirnradgetriebemotoren. Seite 51. URL: <http://www.seva-tec.de/pages/seiten.php5?Seite=prod-getriebe-02>, verfügbar am 21.09.2012
- [14] Schaeffler Technologies AG & Co. KG: FAG Schrägkugellager. URL: http://www.schaeffler.com/remotemedien/media/shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/tpi/downloads_8/tpi_213_de_de.pdf, verfügbar am 12.10.2012
- [15] Bosch Rexroth GmbH: Hydrozylinder Rundbauart. – Produktkatalog: RD 17329/10.07.

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Eisenerz, den 15. Oktober 2012

Christina Talaber